

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2003-166115**

(43)Date of publication of application : **13.06.2003**

---

(51)Int.Cl. D01D 10/00

D01F 6/06

D01F 6/60

D01F 6/62

---

(21)Application number : **2001-353781** (71)Applicant : **SUZUKI AKIYASU**

(22)Date of filing : **19.11.2001** (72)Inventor : **SUZUKI AKIYASU**  
**MOCHIZUKI NORIAKI**

---

(30)Priority

Priority number : **2001256446** Priority date : **27.08.2001** Priority country : **JP**  
**2001276712** **12.09.2001** **JP**

---

## (54) **EXTREMELY FINE FIBER, METHOD FOR PRODUCING THE SAME AND DEVICE FOR THE SAME**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for extremely simple producing an extremely fine fiber excellent in crystallinity and orientation.

SOLUTION: This method for producing the extremely fine fiber is to irradiate a laser beam on a prescribed zone of the fiber while giving  $\leq 1$  MPa tension to the fiber which is an almost tensionless state. Thereby, the laser-irradiated part of the fiber is stretched and becomes extremely fine having  $\leq 5$   $\mu\text{m}$  diameter. Also, a birefringence of the obtained extremely fine fiber is high, and the fiber is excellent in crystallinity and orientation. Since the extremely fine fiber is obtained by only irradiating the laser beam on the fiber while giving a minute tension on it, the extremely fine fiber can be provided at a low cost. Further, by irradiating the laser beam on the fiber obtained by performing the zone stretching, while giving  $\leq 1$  MPa tension, it is possible to obtain a super extremely fine fiber having  $\leq 2$   $\mu\text{m}$  diameter.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] How to extend fiber by irradiating a laser beam, giving the tension of 1 or less MPa to fiber.

[Claim 2] The approach according to claim 1 the power density of the laser beam currently irradiated by the above-mentioned fiber is two or more 15 W/cm.

[Claim 3] The method according to claim 1 or 2 of making the above-mentioned laser beam displaced relatively to the above-mentioned fiber.

[Claim 4] An approach given in any 1 term of claims 1-3 which support the above-mentioned fiber in the direction of a vertical.

[Claim 5] An approach given in any 1 term of claims 1-4 which carry out the multiple-times exposure of the above-mentioned laser beam at the above-mentioned fiber.

[Claim 6] The approach according to claim 1 of irradiating the above-mentioned laser beam, after carrying out zone extension of the above-mentioned fiber.

[Claim 7] An approach given in any 1 term of claims 1-6 which are kinds chosen from the group which the above-mentioned fiber becomes from polyethylene terephthalate, nylon 6, and polypropylene.

[Claim 8] Extension fiber obtained by the approach according to claim 1.

[Claim 9] Extension fiber according to claim 8 by which the above-mentioned fiber is constituted from a thermoplastic polymer.

[Claim 10] The above-mentioned extension fiber is extension fiber according to claim 9 which has the diameter of 5 micrometers or less, and has a birefringence within the limits of  $25 \times 10^{-3}$  to  $120 \times 10^{-3}$ .

[Claim 11] The above-mentioned thermoplastic polymer is extension fiber according to claim 10 which is a kind chosen from the group which consists of nylon 6, polypropylene, and polyethylene terephthalate.

[Claim 12] Nylon 6 fiber characterized by having the diameter of 2 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $40 \times 10^{-3}$  to  $50 \times 10^{-3}$  in nylon 6 fiber.

[Claim 13] The polypropylene fiber characterized by having the diameter of 2 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $25 \times 10^{-3}$  to  $35 \times 10^{-3}$  in a polypropylene fiber.

[Claim 14] The polypropylene fiber according to claim 13 whose crystal orientation multiplier is 0.9 or more.

[Claim 15] The polyethylene terephthalate fiber characterized by having the diameter of 5 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $70 \times 10^{-3}$  to  $120 \times 10^{-3}$  in a polyethylene terephthalate fiber.

[Claim 16] The manufacturing installation which is a manufacturing installation for manufacturing super-thin fiber, and equips the above-mentioned fiber with the laser light source for irradiating a laser beam, and the fiber migration equipment for making the above-mentioned fiber displaced relatively to the above-mentioned laser beam.

[Claim 17] A manufacturing installation [ equipped with the attaching part for giving the tension of 1 or less MPa to fiber, while holding a part of above-mentioned fiber ] according to claim 16.

[Claim 18] The above-mentioned fiber migration equipment is a manufacturing installation according to claim 16 which it has [ manufacturing installation ] the supporter which supports the end of the above-mentioned fiber, and makes this supporter displaced relatively to the above-mentioned laser beam.

[Claim 19] It is the manufacturing installation according to claim 18 which the above-mentioned supporter supports the above-mentioned fiber in the direction of a vertical, and the above-mentioned fiber migration equipment makes move the above-mentioned fiber in the direction of a vertical.

[Claim 20] The manufacturing installation according to claim 18 or 19 which is slider equipment with which the above-mentioned fiber migration equipment is equipped with the movable slider connected with the above-mentioned supporter, and the guide section which guides the moving part concerned movable.

[Claim 21] The above-mentioned supporter is a manufacturing installation given in any 1 term of claims 18-20 equipped with the cylindrical lens or polygon mirror for being a supporter for supporting two or more fiber to coincidence, and making the laser beam from the above-mentioned laser light source irradiate two or more fiber further supported by the supporter concerned, respectively.

[Claim 22] The above-mentioned fiber migration equipment is a manufacturing installation according to claim 16 or 17 which controls the rate which sends out fiber from the above-mentioned fiber sending-out equipment, and the rate which rolls round fiber with fiber take-up motion, respectively, and controls the relative velocity of the fiber to a laser beam including the fiber sending-out equipment for sending out the above-mentioned fiber, and the fiber take-up motion for rolling round the sent-out fiber.

[Claim 23] The manufacturing installation according to claim 22 by which the above-mentioned attaching part is a fall block, and the fiber sent out by fiber sending-out equipment is rolled round with fiber take-up motion through this fall block.

[Claim 24] The manufacturing installation according to claim 23 which controls the rolling-up rate of fiber by the above-mentioned fiber take-up motion so that it has a sensor for measuring the height location of the above-mentioned fall block and the height location of a fall block becomes fixed based on the height location of the fall block measured by this sensor.

[Claim 25] The location [ it has a guide rail for guiding the above-mentioned fall block, and / take-up motion / above-mentioned / fiber ] on the guide rail of the above-mentioned fall block is a manufacturing installation according to claim 23 which controls the

rolling-up rate of fiber to become fixed.

[Claim 26] The above-mentioned fiber sending-out equipment is a manufacturing installation given in any 1 term of claims 22-25 which two or more fiber is sent out according to an individual, and the above-mentioned fiber take-up motion rolls round two or more fiber, and are equipped with the cylindrical lens or polygon mirror for making the laser beam from the above-mentioned laser light source irradiate two or more fiber further sent out from the above-mentioned fiber sending-out equipment, respectively.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacturing installation for realizing it in the approach list which produces very simply the super-thin fiber of high intensity, and its super-thin fiber in a detail further about the manufacturing installation for manufacturing super-thin fiber in the extension approach list of super-thin fiber and fiber.

[0002]

[Description of the Prior Art] The researches and developments for manufacturing the super-thin fiber below 1D (denier) (diameter of about 10 micrometers - 12 micrometers) are briskly done by development of the spinning technique of a synthetic fiber. Super-thin fiber is used for artificial suede, a wiping cross, etc., and since the diameter of fiber is small, it is used abundantly at filters, such as air cleaning, and liquid separation, medicine, etc. in addition to textiles or garments.

[0003] As an approach of manufacturing such super-thin fiber, the direct spinning method, the multicomponent spinning method, etc. are learned. When manufacturing super-thin fiber by the direct spinning method, viscosity is made low and approaches, such as speeding up a cooling rate, are used. However, only by the direct spinning method, since a limitation is in super-thin-ization, approaches, such as a multicomponent spinning method and a special spinning method, are developed. A multicomponent spinning method is the approach of producing super-thin fiber mainly using two components, and is classified into a dissolution mold and an exfoliation assembled die. By carrying out silk manufacture in a dissolution mold using a special spinneret, for example, spinning was carried out to the fiber called sea-island type fiber to which the minute field which consists of a component of another side exists independently in large numbers in the field which consists of one component among two components, and the super-thin fiber which dissolves a sea component and consists of an island component has been obtained. In the exfoliation assembled die, mechanical stimulus and a chemical treatment are made to exfoliate and separate the fiber which two components adjoined a radial, hollow annular, or in the shape of multilayer juxtaposition, and super-thin fiber is manufactured.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In this multicomponent spinning method, equipment special since a high precision is required of a spinneret and a spinning technique was needed, and the manufacturing cost was high, and since it was necessary to

mix or compound the component whose number is two, any above-mentioned approach had the problem that the ingredient to be used was also limited. So, a method of manufacturing super-thin fiber simply by low cost was desired.

[0005] Moreover, although how to make fiber thin by extension was also learned, there is a problem of becoming easy to carry out thread breakage as the diameter of fiber becomes small, and production of the super-thin fiber by the extending method was made impossible as a matter of fact.

[0006] Made in order that this invention may meet this request, the 1st purpose of this invention is to offer the new manufacture approach which can manufacture super-thin fiber simply by low cost.

[0007] The 2nd purpose of this invention is to offer the manufacture approach of the new super-thin fiber by the extending method.

[0008] The 3rd purpose of this invention is to offer the super-thin fiber which has high degree of crystallinity and the tropism of your kind consideration.

[0009] The 4th purpose of this invention is to offer the manufacturing installation for manufacturing the super-thin fiber which has a high birefringence by low cost.

[0010]

[Means for Solving the Problem] If the 1st mode of this invention is followed, the approach of extending fiber will be offered by irradiating a laser beam, giving the tension of 1 or less MPa to fiber.

[0011] this invention persons irradiated the laser beam at the fiber to which the minute tension of 1 or less MPa was given, when heating extension was carried out, the fiber of the part by which the laser beam was irradiated was extended and the diameter found out that super-thin fiber 5 micrometers or less was obtained. The birefringence of the obtained super-thin fiber was very high. This has suggested that not only the extension by flow but orientation crystallization has arisen, and means that the fiber of high intensity with high crystallinity and stacking tendency is obtained. When it asked for draw magnification based on the following formula (1) from the diameter of fiber before and behind extension, by the approach by the conventional extension, draw magnification was able to obtain 1000 or more times and very high draw magnification by this invention to having been five to 7 times.

[0012]

Draw magnification  $\lambda = (d_0/d)^2 \dots (1)$

( $d_0$  is the diameter of the fibril before extension among a formula,  $d$  is the diameter of the fiber after extension, and it is supposed that the consistency of fiber is fixed before and after extension)

[0013] Moreover, the diameter of the super-thin fiber obtained by extension is uniform, and did not have degradation of the front face by laser ablation, either. Thus, by the manufacture approach of this invention, very good super-thin fiber excellent in crystallinity and a mechanical property can be obtained by the very easy method of irradiating a laser beam, and heating and extending it, while giving minute tension to fiber. Thereby, good and cheap super-thin fiber can be offered. In this specification, the approach of irradiating a laser beam, and heating and extending it for fiber, is called the "laser-heating extending method."

[0014] In this invention, the tension given to fiber is 1 or less MPa, the twist of fiber is lost and it is in the condition of an atony mostly. The tension given to fiber is 0.66 or less

MPas more preferably that what is necessary is just extent in which fiber extends in the shape of a straight line. In order to apply tension to fiber, in support of the end (upper limit) of fiber, it hangs to a vertical, and it is suitable to attach a spindle to the other end (lower limit), and it may apply tension with the self-weight of fiber, without covering a spindle depending on the case.

[0015] The fiber made super-thin using the manufacture approach of this invention has desirable synthetic fibers (artificial fiber), such as crystalline polymers, such as polyethylene terephthalate, nylon, and polypropylene, and an amorphous polymer. In addition, this invention can be applied also to natural fibers, such as silk.

[0016] In the manufacture approach of this invention, the laser beam of arbitration can be used for the laser beam which irradiates fiber, for example, liquid laser, such as gas laser like carbon dioxide gas laser, and fixed laser, such as semiconductor laser, dye laser, can be used. A pulse or DC light (CW laser) is sufficient as a laser beam. Laser wavelength can choose the various wavelength of an infrared region from far-ultraviolet. It turned out that thin fiber is obtained, so that it was desirable to have adjusted whenever [ an output and condensing ] as for the laser beam so that the laser power density of the laser beam exposure section of fiber might become three or more 15 W/cm, and laser power density was generally high.

[0017] As for the fiber extended by the approach of this invention, it is desirable that it is fiber extended by hot-rolling growth and zone extension beforehand, and it is desirable that it is fiber extended by especially zone extension. Zone extension is the approach of extending non-extended fiber, while moving heating objects, such as a heater, with constant speed to fiber, and after it makes fiber predetermined thinness by this extension, it is desirable to apply laser-heating extension of this invention. Thus, a microfiber can be obtained by performing laser-heating extension for the fiber which carried out zone extension. This approach is suitable as an approach of making super-thin the comparatively thick fiber of the diameter of fiber. About the zone extending method, since it is concretely indicated by patent No. 1343924, this can be referred to.

[0018] Moreover, in the manufacture approach of this invention, for fiber, a laser beam is irradiated gradually and can be extended. That is, after irradiating a laser beam once [ at least ] at the fiber under predetermined tension and extending fiber to predetermined thinness, under the tension of 1 or less MPa, a laser beam is irradiated and the fiber can be extended. Thus, super-thin fiber can be obtained by carrying out the multiple-times exposure of the laser beam at fiber, and extending fiber.

[0019] Thus, by performing extension of the fiber by laser beam exposure in several steps, it is considered to be based on the following principle that super-thin fiber is obtained. That is, when performing extension of the fiber by laser beam exposure in several steps, fiber is crystallized to some extent by extension by the first laser beam exposure, and it is thought that the crystallinity of fiber is raised. Here, compared with fiber (henceforth low crystallinity fiber) with low crystallinity, as for the fiber (henceforth high crystallinity fiber) with high crystallinity, the melting point is considered to be high. That is, in high crystallinity fiber and low crystallinity fiber, when the temperature of the part fused by laser beam exposure is measured, temperature of the former is higher than the latter. Therefore, since the fusion part of high crystallinity fiber is hypoviscosity compared with the fusion part of low crystallinity fiber, it becomes easier [ high crystallinity fiber ] for extension much more [ it ]. so, the case where a laser

beam is irradiated once by irradiating a multiple-times laser beam -- comparing -- much more thin fiber \*\*\*\* -- things are made. In addition, in the fiber which irradiated the laser beam of multiple times, it is thought that expansion of fiber is checked in the part which extension started, and it is related to fiber making it super-thin although it still is not clear about the reason. When a laser beam was irradiated once and super-thin fiber was obtained, expansion of fiber was not checked in the extension initiation part.

[0020] In the manufacture approach of this invention, in order to raise draw magnification further, it is desirable to move fiber relatively to a laser beam. This relative-displacement rate has desirable 300 mm/min - 3000 mm/min, in order to obtain super-thin fiber.

[0021] If the 2nd mode of this invention is followed, the extension fiber obtained using the approach of the 1st mode of this invention will be offered. It is desirable that it is fiber which consists of thermoplastic polymers, for example as this extension fiber. For example, polyethylene terephthalate, polypropylene, nylon 6, Nylon 66, polyethylene, Polyvinyl alcohol, the poly acrylic nitril, polystyrene, a polyamide, A polyvinyl chloride, a polyoxyethylene, polytetrafluoroethylene, Fiber, such as a polyether ether ketone, a polymethyl methacrylate, polyethylene 2, and 6 naphthalate (PEN), can be used, and especially polyethylene terephthalate, polypropylene, and nylon 6 are suitable. Since it has the high birefringence of  $25 \times 10^{-3}$  to  $120 \times 10^{-3}$  with 5 micrometers or less even if very super-thin, this extension fiber is excellent in reinforcement, and it is easy to process it.

[0022] If the 3rd mode of this invention is followed, in nylon 6 fiber, the nylon 6 fiber characterized by having the diameter of 2 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $40 \times 10^{-3}$  to  $50 \times 10^{-3}$  will be offered. the diameter of 2 micrometers or less which has such a high birefringence -- super-thin nylon 6 fiber does not overly exist, as far as this invention person gets to know. This microfiber can be manufactured by low cost using the manufacture approach of this invention.

[0023] If the 4th mode of this invention is followed, in a polypropylene fiber, the polypropylene fiber characterized by having the diameter of 2 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $25 \times 10^{-3}$  to  $35 \times 10^{-3}$  will be offered. the diameter of 2 micrometers or less which has such a high birefringence -- as far as this invention person overly also gets to know a super-thin polypropylene fiber, it does not exist. This polypropylene fiber of super-\*\*\*\* can be manufactured by low cost using the manufacture approach of this invention.

[0024] If the 5th mode of this invention is followed, in a polyethylene terephthalate fiber, the polyethylene terephthalate fiber characterized by having the diameter of 5 micrometers or less, and a birefringence occurring within the limits of  $70 \times 10^{-3}$  to  $120 \times 10^{-3}$  will be offered. the diameter of 5 micrometers or less which has such a high birefringence -- as far as this invention person overly also gets to know a super-thin polyethylene terephthalate fiber, it does not exist. this -- a super-thin polyethylene terephthalate fiber can overly be manufactured by low cost using the manufacture approach of this invention.

[0025] Each super-thin fiber of the 3rd - the 5th mode of this invention has the birefringence higher than conventional super-thin fiber. Thus, the super-thin fiber which has a high birefringence has the advantage of being easy to process it since it generally excels in reinforcement nature. When stress joined the macromolecule chain which

constitutes fiber by laser-heating extension and the chain carried out orientation of the cause by which the birefringence is high in the super-thin fiber of this invention to it alternatively in the predetermined direction, the amount of preferred orientation of a crystal is also considered to be because for both the amounts of preferred orientation of non-\*\* to also increase. Moreover, since the diffraction spot based on a crystal is clearly observed so that the observation result of the wide angle X-ray diffraction photograph of the example mentioned later may show, it is thought that degree of crystallinity is also high.

[0026] The birefringence of fiber is usually defined as a difference of the refractive index of fiber shaft orientations, and the refractive index of a direction perpendicular to a fiber axis. Moreover, generally birefringence  $\Delta n$  of crystalline fiber can be expressed with a degree type.

[0027]

Among  $\Delta n = X V_f \Delta n_c + (1 - X) \Delta n_a$  type,  $X V_f$  shows volume degree of crystallinity,  $\Delta n_c$  and  $\Delta n_a$  show the proper birefringence to the crystal section and the amorphism section, respectively,  $f_c$  shows the amount of preferred orientation (it is also called a crystal orientation multiplier) of the crystal section, and  $f_a$  shows the amount of preferred orientation of the amorphism section, respectively. A proper birefringence is a birefringence when the chain which constitutes fiber carries out orientation completely. The amount of preferred orientation  $f_c$  of the crystal section when the crystal section of fiber is carrying out orientation completely is 1, and is considered that the amounts of preferred orientation of the crystal section are 0.9 or more and a very high value in the polypropylene fiber of this invention, considering the result of the wide angle X-ray diffraction photograph of the below-mentioned example.

[0028] Moreover, the stacking tendency of fiber can be evaluated from the proper birefringence of the crystal section of the polymeric materials which constitute fiber. That is, the stacking tendency of fiber can estimate that it is high, so that the value of the birefringence of fiber turns into a value near a proper birefringence since it is the birefringence of a limit when a chain carries out orientation completely as the proper birefringence was mentioned above. For example, according to the various examples of a report the case of nylon 6 fiber, a proper birefringence is about 0.096 at the maximum. On the other hand, the birefringences of the nylon 6 fiber of this invention are 0.040-0.050, and it turns out that the nylon 6 fiber of this invention has the high stacking tendency.

[0029] Moreover, according to the various examples of a report, the proper birefringence of a polypropylene fiber is 0.064 at the maximum. On the other hand, the birefringences of the polypropylene super-thin fiber of this invention are 0.025-0.035, and the super-thin polypropylene fiber overly has the stacking tendency higher than the conventional polypropylene fiber of this invention.

[0030] Moreover, according to the various examples of a report, the proper birefringence of PET fiber is about 0.290 at the maximum. On the other hand, the birefringences of the PET fiber of this invention are 0.070-0.120, and super-thin PET fiber overly has the stacking tendency of this invention higher than before.

[0031] If the 6th mode of this invention is followed, it will be a manufacturing installation for manufacturing super-thin fiber, and the manufacturing installation which equips the above-mentioned fiber with the laser light source for irradiating a laser beam



and the fiber migration equipment for making the above-mentioned fiber displaced relatively to the above-mentioned laser beam will be offered.

[0032] Since this manufacturing installation can realize the manufacture approach of the 1st mode of this invention, it can manufacture the super-thin fiber of a high birefringence by low cost easily.

[0033] In the manufacturing installation of this invention, the gas laser light sources, semiconductor laser, etc., such as carbon dioxide gas laser and Ar gas laser, can be used for a laser light source. As for a laser light source, it is desirable to be arranged so that a laser beam may be perpendicularly irradiated to fiber shaft orientations. Or you prepare a mirror etc. and may make it the laser beam from a laser light source make it irradiate perpendicularly to the shaft orientations of fiber. Moreover, the manufacturing installation may be equipped with the lens for condensing for fiber the laser beam which carried out outgoing radiation from the laser light source.

[0034] The manufacturing installation of this invention can be equipped with the supporter which supports the end of the fibril before extension. This supporter can be constituted using a chuck etc., when fixing and supporting fibril, and a block etc. can be used when supporting the fibril sent out from the fiber sending-out equipment mentioned later. A supporter can support fibril so that fibril may extend in the direction of a vertical. In this case, fiber migration equipment can constitute the moving part connected with this supporter, and moving part including the guide section guided movable. As the guide section, rack and pinion, a ball thread, a timing belt, or a linear motor can be used, for example. The fibril supported with the supporter can be moved in the direction of a vertical by moving the moving part connected with the supporter for example, in the direction of a vertical by the guide section.

[0035] Moreover, the manufacturing installation of this invention can be equipped with the attaching part for holding the other end of fibril so that the tension of 1 or less MPa may be given to fiber. A chuck, a standing block, a fall block, etc. can be used as this attaching part. When fibril is made to hold by the chuck, a spindle etc. can be attached in order to control the tension given to fibril.

[0036] In the manufacturing installation of this invention, fiber migration equipment may contain the fiber take-up motion for rolling round the super-thin fiber extended by laser-heating extension, after being sent out from the fiber sending-out equipment and fiber sending-out equipment for sending out the fibril by which laser-heating extension is carried out. After the fibril sent out from fiber sending-out equipment is supported by supporters, such as a block, it is rolled round by fiber take-up motion through attaching parts, such as a standing block and a fall block. In this case, the relative velocity of the fiber to a laser beam is controllable by controlling the rate which the fiber of fiber sending-out equipment sends out, and the rate which rolls round fiber with fiber take-up motion, respectively.

[0037] When a fall block is used as an attaching part as mentioned above, it can have a sensor for measuring the height location of a fall block. In this case, it is desirable to control the rolling-up rate of the fiber of fiber take-up motion so that the height location of a fall block becomes fixed based on the height location of the fall block measured by the sensor. By giving the load of the fall block itself, or a load fixed to a fall block, fixed tension can always be given to fiber. Moreover, the guide rail for guiding a fall block is prepared, and even if it controls the rolling-up rate of fiber by fiber take-up motion so

that the location on the guide rail of a fall block becomes fixed, it becomes possible to give fixed tension to fiber.

[0038] In the manufacturing installation of this invention, a supporter can be constituted so that two or more fiber may be supported to coincidence. In this case, it is desirable to have a cylindrical lens or a polygon mirror so that the laser beam from a laser light source may be irradiated by two or more fiber supported by the supporter, respectively.

[0039]

[Embodiment of the Invention] Although an example explains concretely the super-thin fiber and manufacture approach and manufacturing installation according to this invention hereafter, this invention is not limited to this.

[0040]

[Example 1] First, the manufacturing installation according to this invention is explained. The outline block diagram of a manufacturing installation was shown in drawing 5. Equipment 500 mainly consists of the continuation carbon-dioxide-gas laser oscillation machine 51, a power meter 53, a shutter 54, fiber migration equipment 55, and a block 56 of a pair. It has two guide rails 58 with which fiber migration equipment 55 extended in the crosshead 57 which moves by the rack-and-pinion method, and the direction of a vertical, and spiral \*\*\*\* was formed, and a motor (un-illustrating), and a crosshead 57 can slide on the two guide-rails 58 top at a fixed rate by rotating a guide rail 58 by the motor. The bearing bar 59 which extended in a crosshead 57 horizontally is formed. The end of fibril is attached at the tip of a bearing bar 59, and fibril can be hung. The spindle 60 of predetermined weight is attached in the other end of fibril, and the tension (henceforth impression tension) given to fiber can be adjusted to it by changing the weight of a spindle 60. Moreover, the fibril hung from the tip of a bearing bar 59 is positioned in the predetermined target location of a laser beam while it aligns in the shape of a straight line by two blocks 56. By going up or dropping a crosshead 57, the fiber in which the tip of a bearing bar 59 was attached is relatively moved at a fixed rate to the laser beam from the continuation carbon-dioxide-gas laser oscillation machine 51.

[0041] The continuation carbon-dioxide-gas laser oscillation machine 51 has the oscillation wavelength of 10.6 micrometers, the maximum output is 10W and a beam diameter is 4.3mm. A power meter 53 has a detector 52. When a detector 52 measures the power of the laser beam which carried out outgoing radiation from the continuation carbon-dioxide-gas laser oscillation machine 51, it is arranged on the optical path of a laser beam, and the optical reinforcement of a laser beam is detected, and the power of a laser beam is read with the power meter 53 connected to the detector 52.

[0042] Moreover, the shutter 54 is formed on the optical path of a laser beam, and turning on and off of the laser beam exposure to fibril can be controlled by opening and closing a shutter 54.

[0043] [Laser-heating extension] By using this equipment 500 and next, carrying out laser-heating extension of the PET fiber explains how to manufacture super-thin fiber.

[0044] First, PET fiber was prepared as fibril. PET fiber was produced by carrying out melt spinning of the pellet (number average molecular weight: about 30,000) by Kanebo composition incorporated company at 270 degrees C using a melt spinning machine (un-illustrating). The produced fibrils were the diameter of about 130 micrometers, a birefringence  $0.7 \times 10^{-3}$ , and 4.5% of degree of crystallinity, and were fiber of almost amorphous non-orientation.

[0045] Subsequently, the equipment which showed this fibril to drawing 5 was equipped, and the laser beam was perpendicularly irradiated to fibril at the predetermined part of fibril, dropping a crosshead 57 at the rate of 500 mm/min. In this case, the power density of the laser of a fiber part with which the laser beam is irradiated was 21 W/cm<sup>2</sup>. With heating by this laser beam exposure, the laser beam exposure section of fibril extended in an instant (ms order), and suspended the exposure of a laser beam to extension and coincidence. Under the present circumstances, it turned out that the lower limit of fiber descended at the rate of about 150 m/min. It was extended and made super-thin when the laser beam exposure section of fibril was observed.

[0046] [Measurement of a diameter and a birefringence] and also the impression tension to fibril, and the laser power density in the laser beam exposure section of fibril were changed into various values, same laser-heating extension was performed, and various super-thin fiber was produced. And SEM observation was performed in the diameter and the measurement list of a birefringence about each super-thin fiber. The diameter of super-thin fiber was measured using the microscope, and the birefringence was measured using the polarization microscope equipped with a BEREKKU compensator.

[0047] The graph of the diameter of the super-thin fiber to the applied tension in case laser power density PDs are 11.8 W/cm<sup>2</sup>, 14.2 W/cm<sup>2</sup>, 15.8 W/cm<sup>2</sup>, and 21.0 W/cm<sup>2</sup>, respectively is shown in drawing 1. Moreover, fluctuation of the birefringence of the super-thin fiber to the impression tension in each above-mentioned laser power density PD is shown in drawing 2.

[0048] As shown in drawing 1, when impression tension is 1.6 or more MPas, the diameter of super-thin fiber shows the almost fixed value irrespective of laser power density. However, when impression tension is set to 1 or less MPa, the diameter of the super-thin fiber which the diameter of super-thin fiber is small, and is obtained, so that impression tension is small is also small. Especially, by 0.66 or less MPas, when laser power density PD was comparatively as high as 15.8 W/cm<sup>2</sup> and 21.0 W/cm<sup>2</sup>, super-thin fiber 5 micrometers or less was obtained [ impression tension sigmaa ] for the diameter. In addition, in laser power density PD=15.8 W/cm<sup>2</sup> and PD=21.0 W/cm<sup>2</sup>, it was cut before fiber fully extended, when tension applied the tension of 0.66-1.6MPa (the inside of drawing 1, broken-line part).

[0049] On the other hand, the birefringence of super-thin fiber is falling with reduction of impression tension sigmaa, and increase of laser power density PD, as shown in drawing 2. However, if impression tension sigmaa turns into 0.66 or less MPas when laser power density is comparatively as high as 15.8 W/cm<sup>2</sup> and 21.0 W/cm<sup>2</sup>, the birefringence of super-thin fiber has started to increase from reduction, and the birefringence is high. That is, the stacking tendency with high super-thin fiber is shown. Laser power density is comparatively as high as 15.8 W/cm<sup>2</sup> and 21.0 W/cm<sup>2</sup>, and the result of drawing 1 and drawing 2 shows that are 5 micrometers or less in diameter, and the super-thin fiber of high crystallinity and the tropism of your kind consideration is obtained when impression tension is 0.66 or less MPas.

[0050] Moreover, when laser power density PD was [ impression tension ] 0.17MPa(s) in 21.0 W/cm<sup>2</sup>, fiber was extended most, the diameter was 4.5 micrometers and the birefringence was 0.112. When the consistency of fiber computed draw magnification lambda as a fixed thing based on the above-mentioned formula (1) from the diameter of fiber before and after extension, 1060 times and a very high value were shown.

[0051] Moreover, in order to investigate the orientation of super-thin fiber where laser power density PD was obtained by 21.0 W/cm<sup>2</sup> when impression tension was 0.17MPa(s), when a wide angle X diffraction is performed, the diffraction spot is observed slightly, and it was checked that the microcrystal which constitutes fiber is carrying out orientation like the result of drawing 2 .

[0052] A 350 times as many SEM photograph as fibril and each super-thin fiber extended by the conditions of  $\sigma = 0.17\text{MPa}$  and  $PD = 21.0\text{ W/cm}^2$  is shown in [observation by scanning electron microscope (SEM)] drawing 3 (A), and a 10000 times as many SEM photograph as super-thin fiber is shown in it at drawing 3 (B). Laser ablation was not seen in the front face of super-thin fiber, but the diameter of fiber and the fiber front face were uniform. Moreover, it checked that ablation had not occurred from FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) measurement, either.

[0053] [Passing speed dependency] Next, impression tension was fixed to 0.17MPa(s), the passing speed and laser power density of fibril to a laser beam were changed to various values, laser-heating extension was performed, and the relation between the passing speed of the fibril to a laser beam and the diameter of the super-thin fiber obtained by that cause was investigated. The graph of change of the diameter of the fiber to laser power in case passing speed is 300 mm/min, 600 mm/min, 900 mm/min, and 1800 mm/min is shown in drawing 4 . As shown in drawing 4 , with increase of laser power density, the diameter of the obtained fiber is reduced, and when laser power density is [ passing speed ] 600 mm/min within the limits of 10 - 60 W/cm<sup>2</sup>, fiber is made detailed. When laser power density was 55.4 W/cm<sup>2</sup>, fiber [ being the thinnest (diameter of 4.72 micrometers) ] was obtained. Moreover, the birefringence of the starting super-thin fiber was 0.107, and draw magnification was 1051 times.

[0054] [the diameter of super-thin fiber, and change of a birefringence] -- about the super-thin fiber obtained by making passing speed of fibril [ as opposed to 0.17MPa(s) and a laser beam for impression tension ] into 500 mm/min, making laser power density into 21 W/cm<sup>2</sup> next, and performing laser-heating extension, as shown in drawing 18 , the situation of change of the diameter to distance  $\Delta L$  from [ from a fibril part ] the part (henceforth the neck section) which began to become thin, and a birefringence was investigated. The diameter and birefringence in a location of distance  $\Delta L$  from the neck section of super-thin fiber and distance  $\Delta L$  are shown in drawing 14 .

[0055] In the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 20mm - 820mm, as for the obtained fiber, the diameter is made super-thin by 5 micrometers or less so that drawing 14 may show. On the other hand, it turns out that the birefringence shows 70xten to three or more high values in the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 50mm - 750mm. Especially, in the part near a neck, the very high birefringence of  $150 \times 10^{-3}$  is obtained.

[0056]

[Example 2] This example explains the example which applies laser-heating extension of this invention to nylon.

[0057] The non-extended nylon 6 fiber by Toray Industries, Inc. was used as fibril. The diameter of 0.189mm, a birefringence  $6.25 \times 10^{-3}$ , and the degree of crystallinity of this fiber were 27.6%. The equipment which showed this fibril to drawing 5 like the example 1 was equipped, the impression tension and laser power density to fibril were changed into various values, and laser-heating extension of the fibril was carried out. In this

example, passing speed of the fibril to the passing speed of the crosshead of the equipment shown in drawing 5 , i.e., a laser beam, was made into 300 mm/min. In this way, measurement of a diameter and a birefringence was performed about the obtained various super-thin fiber.

[0058] The diameter and birefringence of fiber to the laser power density when carrying out laser-heating extension with various impression tension and laser power density are shown in drawing 6 (A) and (B), respectively. As super-thin fiber is obtained when impression tension  $\sigma_{maa}$  is set to 0.18MPa(s) and 0.37MPa(s), laser power density PD is made into two or more 25.9 W/cm and laser-heating extension is performed so that drawing 6 (A) may show, and shown in drawing 6 (B), the birefringence of the super-thin fiber is about  $30 \times 10^{-3}$ . The thinnest fiber was obtained, when impression tension  $\sigma_{maa}$  was set to 0.18MPa(s) and laser power density PD was made into 69 W/cm<sup>2</sup>. The diameter of the super-thin fiber was 4.7 micrometers, and the birefringence was  $29 \times 10^{-3}$ . Moreover, the draw magnification computed from the diameter of fiber had reached also 1617 times. The SEM photograph of the super-thin fiber concerning drawing 7 is shown. Laser ablation was not accepted on the surface of fiber, but the diameter of fiber and the fiber front face were uniform.

[0059] On the other hand, when impression tension  $\sigma_{maa}$  was set as 1.1 or more MPas and laser power density PD was set as two or more 25.9 W/cm, fiber will be cut and it was not able to extend. Moreover, when impression tension  $\sigma_{maa}$  was set as 1.1 or more MPas, laser power density PD was set as two or less 25.9 W/cm and laser-heating extension was performed, super-thin fiber was not able to be obtained.

[0060] As shown in this example, super-thin-ization of nylon 6 fiber can be easily performed by carrying out laser-heating extension of the nylon 6 fiber under minute impression tension.

[0061]

[Modification 1] Although the laser beam was irradiated only once at nylon 6 fiber and laser-heating extension of the nylon 6 fiber was carried out in the example 2, a laser beam is irradiated in 2 steps at nylon 6 fiber, and super-thin fiber can be further obtained by carrying out laser-heating extension.

[0062] First, laser-heating extension was performed for nylon 6 fiber on condition that impression tension  $\sigma_{maa}=36.7\text{MPa}$  and laser power density  $=17.3\text{ W/cm}^2$  using the equipment shown in drawing 5 . The diameter of the fiber obtained by this laser-heating extension was 87.5 micrometers, and the birefringence was  $56.7 \times 10^{-3}$ .

[0063] Subsequently, laser-heating extension was performed for this fiber on condition that impression tension  $\sigma_{maa}=0.18\text{MPa}$  and laser power density  $=51.8\text{ W/cm}^2$ . The diameter of the obtained fiber is 1.9 micrometers and was able to obtain very super-thin fiber. Moreover, the birefringence was also  $46.8 \times 10^{-3}$ . The SEM photograph of the super-thin fiber concerning drawing 8 was shown. As shown in drawing 8 , it turns out that nylon 6 fiber is extremely made super-thin. Like this example, after irradiating a laser beam and extending it for the fiber of predetermined tension, super-thin-izing of fiber is still more possible by giving minute tension to fiber, irradiating a laser beam and extending it for fiber. In this example, after carrying out laser-heating extension of the fiber under predetermined tension, laser-heating extension of the obtained fiber was carried out under minute tension, but after performing laser-heating extension of the fiber under predetermined tension twice or more, laser-heating extension under minute tension

may be performed.

[0064] [the diameter of super-thin fiber, and change of a birefringence] -- the situation of change of the diameter to distance  $\Delta L$  from the neck section and a birefringence was investigated like the example 1 about the fiber obtained by performing laser-heating extension twice as mentioned above next. The diameter and birefringence in a location of distance  $\Delta L$  from the neck section of super-thin fiber and distance  $\Delta L$  are shown in drawing 15.

[0065] In the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 60mm - 1500mm, as for the obtained fiber, the diameter is made super-thin by 2 micrometers or less so that drawing 15 may show. Especially, in the range of 60mm - 1200mm, it turns out that most change of a diameter cannot be found and very uniform super-thin fiber is obtained. On the other hand, it turns out that the birefringence shows 40xten to three or more high values in the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 60mm - 1480mm. Especially, in the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 200mm - 1200mm, about 45xten to three high value is shown. Moreover, in this range, it is uniform and the fact that there is almost no change of a diameter shows that super-thin fiber with little birefringence change is obtained. Moreover, the photograph of the neck section of fiber was shown in drawing 15. The neck section fuses, and is expanding spherically and fiber is tapering off rapidly from the starting spherical section so that this photograph may show.

[0066]

[Example 3] This example explains the example which applied laser-heating extension of this invention to it(isotactic)-polypropylene (it-PP).

[0067] First, fibril was produced by carrying out melt spinning of the it-PP pellet ( $M_w=3 \times 10^5$ ,  $M_n=5 \times 10^4$ ) by ace polymer incorporated company. The diameter of fibril was [  $0.3 \times 10^{-3}$  and the degree of crystallinity of 408.6 micrometers and a birefringence ] 43.8%. When the wide angle X diffraction was performed about this fibril, since the debye ring was observed from the wide angle X-ray diffraction photograph, it checked that fibril was non-orientation.

[0068] Subsequently, laser-heating extension was carried out using the equipment which showed this fibril to drawing 5. Laser power density was fixed to 31.66 W/cm<sup>2</sup>, and five kinds of fiber, 0.022MPa(s), 0.030MPa, 0.037MPa, 0.045MPa, and 0.06MPa(s), was obtained for impression tension. And the diameter and the birefringence were measured about each obtained super-thin fiber (SD (Small Diameter) fiber). A measurement result is shown in the following table 1.

[0069]

[Table 1]

[0070] The small fiber of the diameter of fiber is obtained as shown in this table and

impression tension becomes low. Moreover, fiber with the thinner diameter of fiber is high, and a birefringence is also known by that it is fiber excellent in crystallinity. Moreover, the draw magnification for which it asked from the diameter of fiber was also shown in the table. Draw magnification is 800 or more times, and draw magnification is increasing as impression tension becomes low. Thus, polypropylene was also able to be made super-thin by the laser-heating extending method of this invention.

[0071]

[Example 4] In this example, after carrying out zone extension of the it-polypropylene (it-PP) fiber, the example which applied laser-heating extension of this invention is explained.

[0072] First, fibril was produced like the example 3 by carrying out melt spinning of the it-PP pellet ( $M_w=3 \times 10^5$ ,  $M_n=5 \times 10^4$ ) by ace polymer incorporated company. The diameter of fibril was  $[0.3 \times 10^{-3}$  and the degree of crystallinity of 408.6 micrometers and a birefringence ] 43.8%. When the wide angle X diffraction was performed about this fibril, since the debye ring was observed from the wide angle X-ray diffraction photograph, it checked that fibril was non-orientation.

[0073] Zone extension was performed to this fibril using zone extension equipment 90 as shown in drawing 9 . In zone extension equipment 90, after fibril is supported by the block 96 which the spindle was attached in the end and formed in the right end of susceptor 91, the other end of fibril is attached in the wall material 95 prepared in the left end of susceptor 91. Thereby, fibril is horizontally stretched by the predetermined tension of susceptor 91 in the upper part. The RINIADO motor 92 is formed on susceptor 91, and, as for the RINIADO motor 92, a rail 94 can be horizontally moved to zone extension equipment 90. As shown in drawing 9 , the zone heater 93 is formed in the left end of a rail 94, and fibril can be heated at predetermined temperature by driving the RINIADO motor 92, moving the zone heater 93 relatively at the rate of predetermined to fibril. As shown in drawing 13 , the perpendicular cross section used the U-shaped heating object for the zone heater 93 to the die-length direction. Both the width of face d and die length of slit section 93a of the zone heater 93 are about 5mm, and fiber moves in the inside of slit section 93a. The nichrome wire is prepared in the interior of the zone heater 93, and fiber can be heated by energizing a nichrome wire. Zone extension was performed using this zone extension equipment by making passing speed (processing speed) of a heating object [ as opposed to / as opposed to / for extension temperature / 140 degrees C / 7.8MPa(s) and fibril for impression tension ( $\sigma_{maa}$ ) ] into 100 mm/min. The diameter of the fiber (henceforth ZD (Zone Drawing) fiber) obtained by this zone extension is 131.1 micrometers, and a birefringence is  $34.0 \times 10^{-3}$ .

[0074] Next, using the equipment shown in drawing 5 , laser power density PD was fixed to 39.57 W/cm<sup>2</sup>, various impression tension  $\sigma_{maa}$  was changed, laser-heating extension of the ZD fiber was carried out, and super-thin fiber (henceforth SD (Small Diameter) fiber) was obtained. Each diameter of fibril, ZD fiber, and SD fiber, a birefringence, and draw magnification are shown in the following table 2.

[0075]

[Table 2]

[0076] As shown in Table 2, after zone extension, SD fiber obtained by performing laser-heating extension is very super-thin fiber with a diameter of 1.8 micrometers or less, and is thinner than the fiber produced only by laser-heating extension, without performing zone extension in an example 3. Moreover, the draw magnification of SD fiber was over 50000 times. SD fiber with a thinnest when laser-heating extension is performed under the extension conditions of  $\sigma = 0.145 \text{ MPa}$  and  $P = 39.57 \text{ W/cm}^2$  diameter of 1.61 micrometers was obtained in ZD fiber, and the birefringence was  $28.4 \times 10^{-3}$ . The SEM photograph of this SD fiber and the SEM photograph of fibril are shown in drawing 10 . As shown in drawing 10 , it turns out that SD fiber is extremely made super-thin. Degradation of the front face according [ SD super-thin fiber ] to laser ablation was not checked, and the diameter of fiber was uniform.

[0077] The wide angle X-ray diffraction photograph of fibril, ZD fiber, SD fiber, and the super-thin fiber produced only by laser-heating extension, without carrying out zone extension is shown in drawing 11 . In fibril, a debye ring is observed and it turns out that it is non-orientation. For ZD fiber obtained by carrying out zone extension of this fibril, the sharp diffracting point was observed and it was checked that the microcrystal is carrying out orientation to altitude. Although diffraction reinforcement was weak compared with ZD fiber for the super-thin fiber obtained by carrying out laser-heating extension of the ZD fiber, the diffracting point is observed like ZD fiber and the existence of a microcrystal which carried out orientation has been checked.

[0078] The polarization microscope photograph of the neck section of SD fiber is shown in drawing 12 (B). Moreover, the polarization microscope photograph of the neck section of the fiber produced in the example 3 is shown in drawing 12 (A). Only in laser-heating extension of an example 3, it is tapering off from the neck section of fibril so that drawing 12 (A) may show, but when laser-heating extension is performed for the fiber obtained by this example carrying out zone extension, as shown in drawing 12 (B), the spherical fusion zone is formed in the neck section, and it is tapering off rapidly from the starting spherical section. It is thought that fiber made it super-thin from this according to the principle mentioned above since fiber was crystallized to some extent by zone extension.

[0079] [the diameter of super-thin fiber, and change of a birefringence] -- next, the situation of change of the diameter to distance  $\Delta L$  from the neck section and a birefringence was investigated like the example 1 about above-mentioned SD fiber. The diameter and birefringence in a location of distance  $\Delta L$  from the neck section of SD fiber and distance  $\Delta L$  are shown in drawing 16 .

[0080] In the range whose distance  $\Delta L$  from the neck section is 60mm - 800mm, as for SD fiber, the diameter is made super-thin by 2 micrometers or less so that drawing 16



may show. Especially, in the range of 60mm - 800mm, it turns out that most change of a diameter cannot be found and very uniform super-thin fiber is obtained. Moreover, in the range in which the diameter of 2 micrometers or less was obtained, it turns out that, as for the birefringence of SD fiber, 25xten to three or more high values are shown. Moreover, in this range, it is uniform and the fact that there is almost no change of a diameter shows that super-thin fiber with little birefringence change is obtained. Moreover, the photograph of the neck section of fiber was shown in drawing 16 . The neck section is expanding spherically by melting and fiber is tapering off rapidly from the starting spherical section so that this photograph may show.

[0081] By applying laser-heating extension to the it-PP fiber which carried out orientation to altitude by zone extension like this example, a stacking tendency is high and can produce easily the very small super-thin fiber of the diameter of fiber.

[0082]

[Example 5] Another example of the manufacturing installation which follows this invention at drawing 17 is shown. A manufacturing installation 600 is mainly equipped with fiber sending-out equipment 61, a fall block 65, the fiber take-up motion 67, a control unit 70, and a laser light source 71. Fiber sending-out equipment 61 is equipped with the rotation driving gear 62 which carries out the rotation drive of the reel 63 by which fibril was twisted, and the reel 63, and can send out the fibril twisted around the reel 63 at the rate of predetermined by carrying out the rotation drive of the reel 63 at the rate of predetermined with the rotation driving gear 62.

[0083] After the fiber sent out from fiber sending-out equipment 61 is supported by the standing block 64 for support, it is energized by the condition of it having been twisted around the fall block 65 arranged under the standing block 64, and having stretched in the direction of a vertical between the standing block 64 and the fall block 65. The other end of fiber is rolled round by the fiber take-up motion 67 through the alignment supporter 66 formed above the fall block 65, after the course is changed by the fall block 65.

[0084] The fiber take-up motion 67 is equipped with the rotation driving gear 69 which carries out the rotation drive of the reel 68 for rolling round fiber, and the reel 68. The other end of the fibril sent out from fiber sending-out equipment 61 is attached in the reel 68, and fiber can be twisted around a reel 68 by carrying out the rotation drive of the reel 68 with a predetermined rotational speed with the rotation driving gear 69. A control unit 70 can control the rotation driving gear 69 of the rotation driving gear 62 of fiber sending-out equipment 61, and the fiber take-up motion 67, and can adjust the rate of the fiber sent out from the reel 63 of fiber sending-out equipment 61, and the rate of the fiber rolled round by the reel 68 of the fiber take-up motion 67. The relative velocity of the fiber to the laser beam which carried out outgoing radiation from the laser light source 71 by this, and the tension concerning the fiber stretched between the standing block 64 and the fall block 65 can be adjusted.

[0085] The fall block 65 is being engaged possible [ a slide into the guide slot 73 of the direction of a vertical of the guide section 72 ] for the revolving shaft. A fall block 65 is held by the balance of the gravity and tension of fiber at predetermined height h. Therefore, fixed tension can be given to the fiber stretched between the standing block 64 and the fall block 65 by maintaining the height location of a fall block 65 uniformly. Moreover, the weight of a fall block 65 can be suitably chosen so that the tension given to fiber may be set to 1 or less MPa. Moreover, the sensor (un-illustrating) for measuring

the height from a floor line is formed in the fall block 65. A control unit 70 can control the fiber take-up motion 67 based on the height location from the floor line of the fall block 65 measured by the sensor, and it can adjust the rotational speed of a reel 68 so that height  $h$  from the floor line of a fall block 65 may always become fixed. Thereby, fixed tension can always be given to fiber. The smaller possible one of the frictional force produced between the revolving shaft of a fall block 65 and a guide slot is desirable, for example, it may constitute a fall block 65 so that guide Mizogami may be moved by the linear formula.

[0086] A laser light source 71, a shutter 74, a power meter 76, and a detector 75 can be constituted using the respectively same thing as the manufacturing installation 500 shown in drawing 5.

[0087] In this manufacturing installation 600, if a laser beam is irradiated by the laser light source 71 at fibril, fibril will be extended. Extension of fiber moves a fall block 65 downward [ vertical ] with gravity. At this time, a control unit 70 is sensed by the sensor in which the migration to vertical facing down of a fall block 65 was prepared by the fall block 65, and a fall block 65 adjusts the rotational speed of the reel of fiber take-up motion so that the height location from a floor line may become fixed. In this way, the super-thin fiber which carried out laser-heating extension can be rolled round to the reel of fiber take-up motion.

[0088] As mentioned above, although the example explained this invention concretely, this invention is not limited to this. In the above-mentioned example, although the laser beam was irradiated where fibril is hung, fibril can be laid, for example on a level installation base, fibril can be leveled, and laser-heating extension of this invention can also be performed.

[0089] Moreover, in the manufacturing installation shown in the example 5, although it controlled so that the tension given to fiber by adjusting the weight of fall-block 65 the very thing was set to 1 or less MPa, the tension to the fiber given by the fall block can be finely tuned by preparing a counterbalance (counter weight) to a fall block, and, for example, adjusting the weight of a counterbalance. That is, as shown in the cross section of the guide section of drawing 19, standing blocks 91 and 92 are formed in the upper part of the guide section 72, respectively, standing blocks 91 and 92 are built over the rope 94 which connected the counterbalance 93 to the end, and the other end of a rope 94 is connected to the revolving-shaft part of a fall block 65 so that rotation of a fall block 65 may not be barred. By forming such a counterbalance 93, in order to give fixed tension to fiber, it is lost that the weight of a fall block 65 is restricted, and it becomes possible to use the fall block of the weight of arbitration. For example, as the difference of the weight of a fall block and the weight of a counterbalance becomes small, it becomes possible by choosing the weight of a counterbalance to give the very minute tension of 1 or less MPa to fiber. Moreover, it is possible also by using a spring etc., energizing a fall block up instead of this counterbalance, and reducing the downward force of a fall block to give minute tension to fiber.

[0090] Moreover, although the manufacturing installation shown in the example 5 is the example of equipment of manufacturing one super-thin fiber, it can make coincidence manufacture two or more super-thin fiber by changing this equipment so that it may explain below. That is, the standing block for supporting fiber is constituted using a standing block with the wide width of face divided to two or more fiber \*\*\*\* fields so

that two or more fiber can be supported at fixed spacing. Moreover, fiber sending-out equipment is constituted so that two or more reels of the same axle may be formed and fiber may be sent out from each reel. Or you may make it a fiber send part send out two or more fiber according to an individual for every fixed spacing using a reel with the wide width of face divided by shaft orientations. Two or more fibrils sent out from this fiber sending-out equipment are supported with an above-mentioned broad standing block. It can constitute using a broad fall block in shaft orientations so that two or more fiber may be located in a line at fixed spacing and a fall block may also be held. It can constitute so that fiber take-up motion may also roll round fiber by \*\*\*\*\* by each reel using two or more reels of the same axle. Or you may constitute so that a fiber rolling-up part may roll round two or more fiber at fixed spacing according to an individual using the broad reel divided by shaft orientations. Since a laser beam becomes long and slender in the perpendicular direction to the shaft orientations of fiber by preparing the cylindrical lens which has a revolving shaft in the direction in which two or more fiber was arranged on the optical path of a laser beam using one set of a laser light source, for example although two or more sets of laser light sources may be used since a laser beam is irradiated at each fibril, a laser beam can be irradiated at each fiber. A polygon mirror is used and you may make it make a laser beam irradiate each fiber one by one instead of this cylindrical lens. It becomes possible by improving equipment as mentioned above to carry out laser-heating extension of two or more fiber at once. The manufacturing installation of this configuration is excellent in productivity.

[0091]

[Effect of the Invention] Since super-thin fiber excellent in a stacking tendency and crystallinity can be manufactured very easily according to the manufacture approach of this invention, super-thin fiber with high reinforcement can be offered cheaply.

[0092] Although the nylon 6 fiber, the polypropylene fiber, and PET fiber of this invention are very super-thin, since they have a high birefringence, they are high intensity and excel conventional super-thin fiber in handling nature and workability.

[0093] Since the manufacturing installation of this invention can realize the manufacture approach of this invention, it can manufacture very easily super-thin fiber excellent in a stacking tendency and crystallinity.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-166115

(P2003-166115A)

(43) 公開日 平成15年6月13日 (2003.6.13)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特許庁 (参考)
D 0 1 D 10/00		D 0 1 D 10/00	A 4 L 0 3 5
D 0 1 F 6/06		D 0 1 F 6/06	A 4 L 0 4 5
6/60	3 0 1	6/60	3 0 1 C
	3 2 1		3 2 1 C
6/62	3 0 1	6/62	3 0 1 G
審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 16 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-353781(P2001-353781)

(22) 出願日 平成13年11月19日 (2001. 11. 19)

(31) 優先権主張番号 特願2001-256448(P2001-256448)

(32) 優先日 平成13年8月27日 (2001. 8. 27)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-276712(P2001-276712)

(32) 優先日 平成13年9月12日 (2001. 9. 12)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成13年5月7日  
 社団法人高分子学会発行の「高分子学会予稿集 50巻第  
 4号」に発表

(71) 出願人 501338794

鈴木 章泰

山梨県北巨摩郡双葉町龍地798-113

(72) 発明者 鈴木 章泰

山梨県北巨摩郡双葉町龍地798-113

(72) 発明者 望月 典明

山梨県甲府市大手2-3-8 近藤アパー  
ト5号

(74) 代理人 100099793

弁理士 川北 喜十郎

Fターム(参考) 4L035 B331 B288 D013 MA00

4L045 BA03 BA34 DA41 D006

(54) 【発明の名称】 極細繊維、その製造方法及び製造装置

(57) 【要約】

【課題】 結晶性及び配向性に優れた極細繊維を極めて簡単に作製する方法を提供する。

【解決手段】 繊維に、ほぼ無緊張状態の1 MPa以下の張力を与えながら当該繊維の所定領域にレーザー光を照射する。これにより繊維のレーザー光照射部は延伸し、直径5 μm以下に極細化する。また、得られた極細繊維の複屈折は高く、結晶性及び配向性に優れている。このように繊維に微小な張力を与えながらレーザー光を当該繊維に照射するだけで極細繊維を得ることができるので安価

(2)

特開2003-166115

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 繊維に1MPa以下の張力を与えながらレーザ光を照射することによって繊維を延伸する方法。

【請求項2】 上記繊維に照射されているレーザ光のパワー密度が $15\text{ W/cm}^2$ 以上である請求項1に記載の方法。

【請求項3】 上記繊維に対して上記レーザ光を相対移動させる請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 上記繊維を鉛直方向に支持する請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】 上記繊維に上記レーザ光を複数回照射する請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】 上記繊維をゾーン延伸した後、上記レーザ光を照射する請求項1に記載の方法。

【請求項7】 上記繊維が、ポリエチレンテレフタレート、ナイロン6及びポリプロピレンからなる群から選ばれた一種である請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】 請求項1に記載の方法により得られた延伸繊維。

【請求項9】 上記繊維が熱可塑性ポリマーから構成されている請求項8に記載の延伸繊維。

【請求項10】 上記延伸繊維は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $2.5 \times 10^{-3} \sim 1.20 \times 10^{-3}$ の範囲内にある請求項9に記載の延伸繊維。

【請求項11】 上記熱可塑性ポリマーは、ナイロン6、ポリプロピレン及びポリエチレンテレフタレートからなる群から選択された一種である請求項10に記載の延伸繊維。

【請求項12】 ナイロン6繊維において、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $4.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-3}$ の範囲内にあることを特徴とするナイロン6繊維。

【請求項13】 ポリプロピレン繊維において、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $2.5 \times 10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-3}$ の範囲内にあることを特徴とするポリプロピレン繊維。

【請求項14】 結晶配向係数が0.9以上である請求項13に記載のポリプロピレン繊維。

【請求項15】 ポリエチレンテレフタレート繊維にお

繊維に1MPa以下の張力を与えるための保持部を備える請求項16に記載の製造装置。

【請求項18】 上記繊維移動装置は、上記繊維の一端を支持する支持部を備え、該支持部を上記レーザ光に対して相対移動させる請求項16に記載の製造装置。

【請求項19】 上記支持部は上記繊維を鉛直方向に支持し、上記繊維移動装置は、上記繊維を鉛直方向に移動させる請求項18に記載の製造装置。

【請求項20】 上記繊維移動装置が、上記支持部に連結された可動スライダと、当該可動部を移動可能にガイドするガイド部とを備えるスライダ装置である請求項18または19に記載の製造装置。

【請求項21】 上記支持部は複数の繊維を同時に支持するための支持部であり、更に、当該支持部により支持された複数の繊維に上記レーザ光源からのレーザ光をそれぞれ照射させるためのシリンドリカルレンズまたはポリゴンミラーを備える請求項18～20のいずれか一項に記載の製造装置。

【請求項22】 上記繊維移動装置は、上記繊維を送り出すための繊維送出装置と、送り出された繊維を巻取るための繊維巻取装置とを含み、上記繊維送出装置から繊維を送り出す速度と、繊維巻取装置で繊維を巻取る速度とをそれぞれ制御してレーザ光に対する繊維の相対速度を制御する請求項16または17に記載の製造装置。

【請求項23】 上記保持部が動滑車であり、繊維送出装置により送り出された繊維が該動滑車を介して繊維巻取装置により巻き取られる請求項22に記載の製造装置。

【請求項24】 上記動滑車の高さ位置を測定するためのセンサーを備え、該センサーにより測定された動滑車の高さ位置に基づいて動滑車の高さ位置が一定になるように、上記繊維巻取装置により繊維の巻取り速度を制御する請求項23に記載の製造装置。

【請求項25】 上記動滑車をガイドするためのガイドレールを備え、上記繊維巻取装置は、上記動滑車のガイドレール上における位置が一定になるように、繊維の巻取り速度を制御する請求項23に記載の製造装置。

【請求項26】 上記繊維送出装置は複数の繊維を個別に送り出し、上記繊維巻取装置は複数の繊維を巻取り、更に、上記繊維送出装置から送出された複数の繊維に上

3

【0002】

【従来の技術】合成繊維の紡糸技術の発展により、1D（デニール）（直径約10μm～12μm）以下の極細繊維を製造するための研究開発が盛んに行われている。極細繊維は、例えば、人工スエードやワイピングクロスなどに使用されており、繊維径が小さいことから、織物や衣料以外に、例えば、空気浄化や液体分離、医療などのフィルターなどにも多用されている。

【0003】このような極細繊維を製造する方法として、

直接紡糸法や多成分紡糸法などが知られている。直接紡糸法により極細繊維を製造する場合は、粘度を低くし、冷却速度を速めるなどの方法が用いられる。しかし、直接紡糸法のみでは極細化に限界があるため、多成分紡糸法や特殊紡糸法などの方法が開発されている。多成分紡糸法は、主として二つの成分を用いて極細繊維を作製する方法であり、溶解型と剥離分割型とに分類される。溶解型では、例えば、特殊な紡糸口金を用いて製糸することにより、二つの成分のうち、一方の成分からなる領域内に他方の成分からなる微小な領域が多数独立して存在するような海島型繊維と呼ばれる繊維に紡糸し、海成分を溶解して島成分からなる極細繊維を得ている。剥離分割型では、二成分が放射状、中空環状または多層並列状に隣接した繊維を機械的刺激や薬品処理によって剥離・分離させて極細繊維を製造している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】かかる多成分紡糸法においては、上述のいずれの方法も、紡糸口金及び紡糸技術に高い精度が要求されるために、特殊な装置が必要となり、製造コストが高く、また、二つの成分を混合または複合する必要があるため、使用する材料も限定されるという問題があった。それゆえ、極細繊維を低コストで簡易に製造する方法が望まれていた。

【0005】また、延伸により繊維を細くする方法も知られているが、繊維径が小さくなるにしたがって断糸しやすくなるという問題があり、延伸法による極細繊維の作製は事実上不可能とされていた。

【0006】本発明は、かかる要望に応えるためになされたものであり、本発明の第1の目的は、極細繊維を低コストで簡易に製造することが可能な新規な製造方法を提供することにある。

(3)

特開2003-166115

4

を照射することによって繊維を延伸する方法が提供される。

【0011】本発明者らは、1MPa以下の微小な張力が与えられた繊維にレーザー光を照射して加熱延伸したところ、レーザー光が照射された部分の繊維は延伸され、直径が5μm以下の極細繊維が得られることを見出した。得られた極細繊維の複屈折は極めて高いものであった。これは、流動による延伸のみならず、配向結晶化が生じていることを示唆しており、結晶性及び配向性の高い、高強度の繊維が得られていることを意味している。延伸前後の繊維径から下記式（1）に基づいて延伸倍率を求めると、従来の延伸による方法では延伸倍率は5～7倍であったのに対し、本発明では1000倍以上と極めて高い延伸倍率を得ることができた。

【0012】

$$\text{延伸倍率} \lambda = (d_0 / d)^2 \dots\dots (1)$$

（式中、 $d_0$ は延伸前の原繊維の直径であり、 $d$ は延伸後の繊維の直径であり、延伸の前後で繊維の密度が一定としている）

【0013】また、延伸により得られた極細繊維の直径は均一であり、レーザーアブレーションによる表面の劣化もなかった。このように本発明の製造方法では、繊維に微小な張力を与えながらレーザー光を照射して加熱し延伸するという極めて簡単な方法で、結晶性及び力学的性質に優れた極めて良質の極細繊維を得ることができる。これにより良質で安価な極細繊維を提供できる。本明細書において、繊維にレーザー光を照射して加熱し延伸する方法を「レーザー加熱延伸法」と称する。

【0014】本発明において、繊維に与える張力は1MPa以下であり、繊維は緩りがなくなり、ほぼ無緊張の状態である。繊維に与える張力は、繊維が直線状に延在する程度であればよく、より好ましくは0.66MPa以下である。繊維に張力をかけるには、繊維の一端（上端）を支持して鉛直に吊り下げ、他端（下端）に錘をつけるのが好適であり、場合によっては錘をかけずに繊維の自重により張力をかけても良い。

【0015】本発明の製造方法を用いて極細化される繊維は、ポリエチレンテレフタレート、ナイロン、ポリプロピレンなどの結晶性高分子及び非晶質高分子などの合成繊維（人造繊維）が好ましい。なお、絹などの天然繊維

40

(4)

特開2003-166115

5

5

レーザパワー密度が高い程、細い繊維が得られることがわかった。

【0017】本発明の方法により延伸される繊維は、予め、熱延伸やゾーン延伸によって延伸された繊維であることが好ましく、特にゾーン延伸により延伸された繊維であることが好ましい。ゾーン延伸は、未延伸の繊維を、例えば、ヒータなどの加熱体を繊維に対して一定速度で移動させながら延伸する方法であり、かかる延伸により繊維を所定の細さにしてから、本発明のレーザ加熱延伸を適用することが好ましい。このようにゾーン延伸した繊維にレーザ加熱延伸を行なうことにより超極細繊維を得ることができる。かかる方法は、繊維径の比較的に太い繊維を極細化する方法として好適である。ゾーン延伸法については、特許第1343924号に具体的に開示されているので、これを参照することができる。

【0018】また、本発明の製造方法においては、繊維にレーザ光を段階的に照射して延伸することができる。すなわち、所定の張力下の繊維にレーザ光を少なくとも1回照射して繊維を所定の細さに延伸した後、その繊維を1MPa以下の張力下でレーザ光を照射して延伸することができる。このように、繊維にレーザ光を複数回照射して繊維を延伸することにより、超極細の繊維を得ることができる。

【0019】このようにレーザ光照射による繊維の延伸を数回に分けて行なうことにより、超極細繊維が得られるのは、つぎの原理に基づくと考えられる。すなわち、レーザ光照射による繊維の延伸を数回に分けて行なう場合、最初のレーザ光照射による延伸により繊維はある程度結晶化され、繊維の結晶性が高められていると考えられる。ここで、結晶性が高い繊維（以下、高結晶性繊維という）は、結晶性が低い繊維（以下、低結晶性繊維という）に比べて融点が高くなっていると考えられる。すなわち、高結晶性繊維と低結晶性繊維とにおいて、レーザ光照射により溶融している部分の温度を比べると前者のほうが後者よりも温度が高い。したがって、高結晶性繊維の溶融部分は低結晶性繊維の溶融部分に比べて低粘度であるために、高結晶性繊維の方が延伸が一層容易となる。それゆえ、複数回レーザ光を照射することにより、一回のみレーザ光を照射した場合に比べて一層細い繊維を得ることができる。なお、複数回のレーザ光を照射

／minが好ましい。

【0021】本発明の第2の態様に従えば、本発明の第1の態様の方法を用いて得られた延伸繊維が提供される。かかる延伸繊維としては、例えば熱可塑性ポリマーから構成されている繊維であることが好ましく、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレン、ナイロン6、ナイロン66、ポリエチレン、ポリビニルアルコール、ポリアクリルニトリル、ポリスチレン、ポリアミド、ポリ塩化ビニル、ポリオキシエチレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリメタクリル酸メチル、ポリエチレン2，6ナフタレート（PEN）などの繊維を用いることができ、特にポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレン、ナイロン6が好適である。かかる延伸繊維は、 $5\mu\text{m}$ 以下と極めて極細であっても、 $25\times 10^{-9}\sim 120\times 10^{-9}$ の高い複屈折を有するため、強度的に優れ、加工しやすい。

【0022】本発明の第3の態様に従えば、ナイロン6繊維において、 $2\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $40\times 10^{-9}\sim 50\times 10^{-9}$ の範囲内にあることを特徴とするナイロン6繊維が提供される。このような高い複屈折を有する直径 $2\mu\text{m}$ 以下の超極細ナイロン6繊維は、本発明者の知る限り存在しない。かかる超極細繊維は、例えば、本発明の製造方法を用いて低コストで製造することができる。

【0023】本発明の第4の態様に従えば、ポリプロピレン繊維において、 $2\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $25\times 10^{-9}\sim 35\times 10^{-9}$ の範囲内にあることを特徴とするポリプロピレン繊維が提供される。このような高い複屈折を有する直径 $2\mu\text{m}$ 以下の超極細ポリプロピレン繊維もまた本発明者の知る限り存在しない。かかる超極細のポリプロピレン繊維は、例えば、本発明の製造方法を用いて低コストで製造することができる。

【0024】本発明の第5の態様に従えば、ポリエチレンテレフタレート繊維において、 $5\mu\text{m}$ 以下の直径を有し且つ複屈折が $70\times 10^{-9}\sim 120\times 10^{-9}$ の範囲内にあることを特徴とするポリエチレンテレフタレート繊維が提供される。このような高い複屈折を有する直径 $5\mu\text{m}$ 以下の超極細ポリエチレンテレフタレート繊維もまた本発明者の知る限り存在しない。かかる超極細ポ

(5)

特開2003-166115

7

っているためであると考えられる。また、後述する実施例の広角X線回折写真の観察結果からわかるように結晶に基づく回折スポットが明確に観察されることから、結晶化度もまた高くなっていると考えられる。

【0026】微細の複屈折は、通常、微細軸方向の屈折率と微細軸に垂直な方向の屈折率との差として定義される。また、結晶性の繊維の複屈折 $\Delta n$ は、一般に、次式で表すことができる。

【0027】

$$\Delta n = X_v f_c \Delta n_c^0 + (1 - X_v) f_a \Delta n_a^0$$
 式中、 $X_v$ は体積結晶化度を示し、 $\Delta n_c^0$ 及び $\Delta n_a^0$ はそれぞれ結晶部及び非晶部に対する固有複屈折を示し、 $f_c$ は結晶部の配向度（結晶配向係数ともいう）を、 $f_a$ は非晶部の配向度をそれぞれ示す。固有複屈折は、繊維を構成する分子鎖が完全に配向したときの複屈折である。繊維の結晶部が完全に配向している場合の結晶部の配向度 $f_c$ は1であり、本発明のポリプロピレン繊維においては、後述の実施例の広角X線回折写真の結果からすると、結晶部の配向度が0.9以上と極めて高い値であると考えられる。

【0028】また、繊維を構成している高分子材料の結晶部の固有複屈折から繊維の配向性を評価することができる。すなわち、固有複屈折は上述したように分子鎖が完全に配向したときの極限の複屈折であることから、繊維の複屈折の値が、固有複屈折に近い値になるほど繊維の配向性が高くなっていると評価できる。例えば、ナイロン6繊維の場合、固有複屈折は、種々の報告例によると、最大で0.096程度である。一方、本発明のナイロン6繊維の複屈折は0.040～0.050であり、本発明のナイロン6繊維は高い配向性を有していること

【0029】また、ポリプロピレン繊維の固有複屈折は種々の報告例によると最大で0.064である。一方、本発明のポリプロピレン極細繊維の複屈折は0.025～0.035であり、本発明の超極細ポリプロピレン繊維は従来のポリプロピレン繊維よりも高い配向性を有している。

【0030】また、PET繊維の固有複屈折は種々の報告例によると最大で0.290程度である。一方、本発明のPET繊維の複屈折は0.070～0.120であ

8

【0033】本発明の製造装置において、レーザー光源には、例えば、炭酸ガスレーザーやArガスレーザーなどの気体レーザー光源や半導体レーザーなどを用いることができる。レーザー光源は、繊維軸方向に対して垂直にレーザー光が照射されるように配置されていることが好ましい。或いは、ミラーなどを設けて、レーザー光源からのレーザー光が繊維の軸方向に対して垂直に照射させるようにしてもよい。また、製造装置は、レーザー光源から出射したレーザー光を繊維に集光するためのレンズを備えていてもよい。

【0034】本発明の製造装置は、延伸前の原繊維の一端を支持する支持部を備えることができる。かかる支持部は、例えば、原繊維を固定して支持する場合はチャックなどを用いて構成することができる。後述する繊維送出装置から送り出された原繊維を支持する場合には滑車等を用いることができる。支持部は、例えば、原繊維が鉛直方向に延在するように原繊維を支持することができる。この場合、繊維移動装置は、かかる支持部に連結された可動部と、可動部を移動可能にガイドするガイド部を含んで構成することができる。ガイド部としては、例えば、ラックアンドピニオン、ボールねじ、タイミングベルトまたはリニアモータを用いることができる。支持部に連結された可動部を、ガイド部により例えば鉛直方向に移動させることにより、支持部で支持された原繊維を鉛直方向に移動させることができる。

【0035】また、本発明の製造装置は、繊維に1MPa以下の張力が与えられるように、原繊維の他端を保持するための保持部を備えることができる。かかる保持部として、例えば、チャックや固定滑車、動滑車等を用いることができる。チャックにより原繊維を保持させた場合は、原繊維に与える張力を制御するために紐などを取り付けることができる。

【0036】本発明の製造装置において、繊維移動装置は、レーザー加熱延伸される原繊維を送り出すための繊維送出装置と、繊維送出装置から送り出された後、レーザー加熱延伸により延伸された極細繊維を巻取るための繊維巻取装置とを含み得る。繊維送出装置から送り出された原繊維は、例えば、滑車などの支持部により支持された後、固定滑車や動滑車などの保持部を介して繊維巻取装置により巻き取られる。この場合、繊維送出装置の繊維



9

ができる。また、動滑車をガイドするためのガイドレールを設け、動滑車のガイドレール上の位置が一定になるように、繊維巻取装置により繊維の巻取り速度を制御しても、繊維に一定の張力を与えることが可能となる。

【0038】本発明の製造装置において、支持部は複数の繊維を同時に支持するように構成することができる。この場合、支持部により支持された複数の繊維にレーザー光源からのレーザー光がそれぞれ照射されるように、シリンドリカルレンズまたはポリゴンミラーを備えることが好ましい。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従う極細繊維、製造方法及び製造装置について実施例により具体的に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0040】

【実施例1】まず、本発明に従う製造装置について説明する。図5に、製造装置の概略構成図を示した。装置500は、主に、連続炭酸ガスレーザー発振器51、パワーメーター53、シャッター54、繊維移動装置55及び一對の滑車56から構成される。繊維移動装置55は、ラックアンドピニオン方式で移動するクロスヘッド57と、鉛直方向に延在し且つ螺旋ねじが形成された2本のガイドレール58と、モータ（不図示）を有しており、モータでガイドレール58を回転させることにより、クロスヘッド57は2本のガイドレール58上を一定の速度で摺動することができる。クロスヘッド57には水平方向に延在した支持棒59が設けられている。支持棒59の先端には原繊維の一端が取り付けられ、原繊維を吊り下げることができる。原繊維の他端には、所定の重量の錘60が取り付けられ、錘60の重量を変更することによって繊維に与える張力（以下、印加張力という）を調整することができる。また、支持棒59の先端から吊り下げられた原繊維は、2つの滑車56により直線状に整列されるとともにレーザー光の所定のターゲット位置に位置付けられる。クロスヘッド57を上昇または降下させることにより、支持棒59の先端に取り付けられた繊維が連続炭酸ガスレーザー発振器51からのレーザー光に対して一定の速度で相対的に移動される。

【0041】連続炭酸ガスレーザー発振器51は、10.6  $\mu\text{m}$ の発振波長を有し、最大出力は10W、ビーム径

(5)

特開2003-166115

10

【0043】【レーザー加熱延伸】つぎに、かかる装置500を用いてPET繊維をレーザー加熱延伸することにより極細繊維を製造する方法について説明する。

【0044】まず、原繊維としてPET繊維を用意した。PET繊維は、鍾紡合成株式会社製のペレット（数平均分子量：約3万）を熔融紡糸機（不図示）を用いて270℃で熔融紡糸することにより作製した。作製された原繊維は、直径約130  $\mu\text{m}$ 、複屈折0.7×10<sup>-3</sup>、結晶化度4.5%であり、ほぼ非晶質の無配向の繊維であった。

【0045】次いで、かかる原繊維を図5に示した装置に装着し、クロスヘッド57を500mm/minの速度で降下させながらレーザー光を原繊維の所定部分に原繊維に対して垂直に照射した。この場合、レーザー光が照射されている繊維部分のレーザーのパワー密度は21W/cm<sup>2</sup>であった。かかるレーザー光照射による加熱によって原繊維のレーザー光照射部が瞬時（ミリ秒オーダー）に延伸し、延伸と同時にレーザー光の照射を停止した。この際、繊維の下端が約150mm/minの速度で降下したことがわかった。原繊維のレーザー光照射部を観察すると延伸して極細化していた。

【0046】【直径及び複屈折の測定】更に、原繊維への印加張力及び原繊維のレーザー光照射部におけるレーザーパワー密度を種々の値に変更して同様のレーザー加熱延伸を行って種々の極細繊維を作製した。そして、各極細繊維について直径及び複屈折の測定並びにSEM観察を行った。極細繊維の直径は、顕微鏡を用いて測定し、複屈折は、ベレックコンペンセーターを装着した偏光顕微鏡を用いて測定した。

【0047】図1に、レーザーパワー密度PDがそれぞれ11.8W/cm<sup>2</sup>、14.2W/cm<sup>2</sup>、15.8W/cm<sup>2</sup>及び21.0W/cm<sup>2</sup>の場合における印加張力に対する極細繊維の直径のグラフを示す。また、図2には、上記各レーザーパワー密度PDにおける印加張力に対する極細繊維の複屈折の変動を示す。

【0048】図1に示すように、印加張力が1.6MPa以上の場合、極細繊維の直径はレーザーパワー密度にかかわらずほぼ一定の値を示している。しかしながら、印加張力が1MPa以下になると、極細繊維の直径は小さくなっており、印加張力が小さいほど得られる極細繊維

11

増大に伴って低下している。しかし、レーザパワー密度が $15.8 \text{ W/cm}^2$  及び $21.0 \text{ W/cm}^2$  と比較的高い場合においては、印加張力 $\sigma_a$ が $0.66 \text{ MPa}$ 以下になると極細繊維の複屈折は減少から増大に転じており、複屈折が高くなっている。すなわち、極細繊維が高い配向性を示している。図1及び図2の結果から、レーザパワー密度が $15.8 \text{ W/cm}^2$  及び $21.0 \text{ W/cm}^2$  と比較的高く、印加張力が $0.66 \text{ MPa}$ 以下のときには、直径 $5 \mu\text{m}$ 以下で且つ高結晶性及び高配向性の極細繊維が得られていることがわかる。

【0050】また、レーザパワー密度PDが $21.0 \text{ W/cm}^2$  で、印加張力が $0.17 \text{ MPa}$ のときに繊維は最も延伸されており、直径は $4.5 \mu\text{m}$ 、複屈折は $0.112$ であった。延伸前後において繊維の密度が一定であるものとして、繊維径から延伸倍率 $\lambda$ を前述の式

(1)に基づいて算出したところ $1060$ 倍と極めて高い値を示した。

【0051】また、レーザパワー密度PDが $21.0 \text{ W/cm}^2$  で、印加張力が $0.17 \text{ MPa}$ のときに得られた極細繊維の配向を調べるために広角X線回折を行ったところ回折スポットが僅かに観察されており、図2の結果と同様に、繊維を構成している微結晶が配向していることが確認された。

【0052】〔走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察〕図3 (A) に、原繊維と、 $\sigma_a = 0.17 \text{ MPa}$ 、 $PD = 21.0 \text{ W/cm}^2$  の条件により延伸された極細繊維それぞれの $350$ 倍のSEM写真を示し、図3

(B) に、極細繊維の $10000$ 倍のSEM写真を示す。極細繊維の表面にはレーザアブレーションは見られず、繊維径及び繊維表面は均一であった。また、FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) 測定からもアブレーションが発生していないことを確認した。

【0053】〔移動速度依存性〕つぎに、印加張力を $0.17 \text{ MPa}$ に固定し、レーザ光に対する原繊維の移動速度とレーザパワー密度を種々の値に変化させてレーザ加熱延伸を行い、レーザ光に対する原繊維の移動速度と、それにより得られる極細繊維の直径との関係を調べた。図4に、移動速度が $300 \text{ mm/min}$ 、 $600 \text{ mm/min}$ 、 $900 \text{ mm/min}$ 及び $1800 \text{ mm/min}$

(7)

特開2003-166115

12

に、印加張力を $0.17 \text{ MPa}$ 、レーザ光に対する原繊維の移動速度を $500 \text{ mm/min}$ 、レーザパワー密度を $21 \text{ W/cm}^2$  にしてレーザ加熱延伸を行うことにより得られた極細繊維について、図18に示すように原繊維部分から細くなり始めた部分（以下、ネック部という）からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化の様子を調べた。図14に、極細繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ と、距離 $\Delta L$ の位置における直径及び複屈折を示す。

10 【0055】図14からわかるように、得られた繊維は、ネック部からの距離 $\Delta L$ が $20 \text{ mm} \sim 820 \text{ mm}$ の範囲において直径が $5 \mu\text{m}$ 以下に極細化されている。一方、複屈折は、ネック部からの距離 $\Delta L$ が $50 \text{ mm} \sim 750 \text{ mm}$ の範囲において $70 \times 10^{-3}$  以上の高い値を示していることがわかる。特に、ネックに近い部分においては $150 \times 10^{-3}$  の極めて高い複屈折が得られている。

【0056】

【実施例2】この実施例では、ナイロンに本発明のレーザ加熱延伸を適用する例について説明する。

20 【0057】原繊維として東レ株式会社製の未延伸ナイロン6繊維を用いた。かかる繊維は、直径 $0.189 \text{ mm}$ 、複屈折 $6.25 \times 10^{-3}$ 、結晶化度は $27.6\%$ であった。かかる原繊維を実施例1と同様に図5に示した装置に装着し、原繊維への印加張力及びレーザパワー密度を種々の値に変更して原繊維をレーザ加熱延伸した。本実施例では、図5に示した装置のクロスヘッドの移動速度、すなわち、レーザ光に対する原繊維の移動速度を $300 \text{ mm/min}$ とした。こうして得られた種々の極細繊維について直径及び複屈折の測定を行った。

30 【0058】図6 (A) 及び (B) に、種々の印加張力及びレーザパワー密度でレーザ加熱延伸したときのレーザパワー密度に対する繊維の直径と複屈折をそれぞれ示す。図6 (A) からわかるように、印加張力 $\sigma_a$ を $0.18 \text{ MPa}$ 及び $0.37 \text{ MPa}$ にし、レーザパワー密度PDを $25.9 \text{ W/cm}^2$  以上にしてレーザ加熱延伸を行ったときに極細繊維が得られ、図6 (B) に示すように、その極細繊維の複屈折は約 $30 \times 10^{-3}$  である。印加張力 $\sigma_a$ を $0.18 \text{ MPa}$ にし、レーザパワー密度PDを $6.9 \text{ W/cm}^2$  にしたときに最も細い繊維が得ら

13

Pa 以上に、レーザパワー密度  $P_D$  を  $25.9 \text{ W/cm}^2$  以下に設定してレーザ加熱延伸を行った場合、極細繊維を得ることができなかった。

【００６０】本実施例に示したように、ナイロン６繊維を微小な印加張力でレーザ加熱延伸することによりナイロン６繊維の細化を容易に行なうことができる。

[0061]

【変形例1】実施例2では、ナイロン6繊維にレーザ光を1回だけ照射してナイロン6繊維をレーザ加熱延伸したが、ナイロン6繊維にレーザ光を2回に分けて照射してレーザ加熱延伸することにより更に極細繊維を得ることが出来る。

【0062】まず、図5に示した装置を用いて、ナイロン6繊維を、印加張力 $\sigma_a = 36.7 \text{ MPa}$ 、レーザーパワー密度 $= 17.3 \text{ W/cm}^2$ の条件にてレーザー加熱延伸を行った。かかるレーザー加熱延伸により得られた繊維の直径は $87.5 \mu\text{m}$ であり、複屈折は $56.7 \times 10^{-3}$ であった。

【0063】次いで、かかる繊維を、印加張力 $\sigma$ 。 $=$   
0.18MPa、レーザパワー密度 $=51.8\text{W}/\text{cm}^2$ の条件にてレーザ加熱延伸を行った。得られた繊維の  
直径は $1.9\mu\text{m}$ であり極めて極細の繊維を得ることが  
できた。また、極屈折も $46.8 \times 10^{-3}$ であった。  
図8に、かかる極細繊維のSEM写真を示した。図8に  
示すように、ナイロン6繊維が極めて極細化されている  
ことがわかる。この例のように、所定の張力の繊維にレ  
ーザ光を照射して延伸した後、微小な張力を繊維に与え  
て繊維にレーザ光を照射し延伸することにより、更に繊  
維の極細化が可能である。この実施例では、所定の張力  
の下で繊維をレーザ加熱延伸した後、得られた繊維を微  
小張力下でレーザ加熱延伸したが、所定の張力下での繊  
維のレーザ加熱延伸を2回以上行なった後、微小張力下  
でのレーザ加熱延伸を行なってもよい。

【0064】〔極細繊維の直径と複屈折の変化〕つぎに、上述のようにレーザ加熱延伸を2回行なうことにより得られた繊維について、実施例1と同様に、ネック部からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化の様子を調べた。図15に、極細繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ と、距離 $\Delta L$ の位置における直径及び複屈折を示す。＊

14

\*【0065】図15からわかるように、得られた微准は、ネック部からの距離 $\Delta L$ が60mm~1500mmの範囲において直径が2 $\mu$ m以下に極細化されている。特に、60mm~1200mmの範囲においては、直径の変化は殆ど無く極めて均一な極細微准が得られていることがわかる。一方、複屈折は、ネック部からの距離 $\Delta L$ が60mm~1480mmの範囲において $40 \times 10^{-3}$ 以上の高い値を示していることがわかる。特に、ネック部からの距離 $\Delta L$ が200mm~1200mmの範囲においては $45 \times 10^{-3}$ 程度の高い値を示している。また、かかる範囲では、直径の変化が殆ど無いことから、均一で複屈折変化の少ない極細微准が得られていることがわかる。また、図15中には微准のネック部の写真を示した。かかる写真から分かるように、ネック部は溶融して球状に膨張しており、かかる球状部から急激に微准が先細りになっている。

[ 0066 ]

【実施例3】この実施例では、*it(isotact)* -ポリプロピレン(*it-PP*)に本発明のレーザ加熱延伸を適用した例について説明する。

【0067】まず、エースポリマー株式会社製のiPPペレット ( $M_w = 3 \times 10^5$ 、 $M_n = 5 \times 10^4$ ) を熔融紡糸することによって原繊維を作製した。原繊維の直径は  $408.6 \mu\text{m}$ 、撓屈折は  $0.3 \times 10^{-9}$ 、結晶化度は43.8%であった。かかる原繊維について広角X線回折を行ったところ、広角X線回折写真からデバイ環が観測されたことから原繊維が無配向であることを確認した。

【0068】次いで、かかる原繊維を図5に示した装置を用いてレーザ加熱延伸した。レーザパワー密度を31.66 W/cm<sup>2</sup>に固定し、印加張力を0.022 MPa、0.030 MPa、0.037 MPa、0.045 MPa及び0.06 MPaの5種類の繊維を得た。そして、得られたそれぞれの極細繊維（SD（Small Diameter）繊維）について直径と複屈折を測定した。下記表1に測定結果を示す。

【0069】

【表1】

	1-1				
--	-----	--	--	--	--

(9)

特開2003-166115

15

している。このようにポリプロピレンも本発明のレーザ加熱延伸法により極細化することができた。

【0071】

【実施例4】この実施例では、i t-ポリプロピレン(i t-PP)微細をゾーン延伸した後、本発明のレーザ加熱延伸を適用した例について説明する。

【0072】まず、実施例3と同様に、エースポリマー株式会社製のi t-PPペレット( $M_w = 3 \times 10^5$ 、 $M_n = 5 \times 10^4$ )を溶融紡糸することによって原繊維を作製した。原繊維の直径は $408.6 \mu\text{m}$ 、複屈折は $0.3 \times 10^{-3}$ 、結晶化度は43.8%であった。かかる原繊維について広角X線回折を行ったところ、広角X線回折写真からデバイ環が観測されたことから原繊維が無配向であることを確認した。

【0073】かかる原繊維に、図9に示すようなゾーン延伸装置90を用いてゾーン延伸を行った。ゾーン延伸装置90において、原繊維は、その一端に鉤が取り付けられて支持台91の右端に設けられた滑車96により支持された後、原繊維の他端が、支持台91の左端に設けられている壁部材95に取り付けられる。これにより原繊維は支持台91の上方で水平に所定の張力で張られる。ゾーン延伸装置90には、支持台91上にリニアドモーター92が設けられており、リニアドモーター92は、レール94を水平方向に移動させることができる。図9に示すように、レール94の左端にはゾーンヒータ\*

16

\*ー93が設けられており、リニアドモーター92を駆動することにより、ゾーンヒーター93を原繊維に対して所定の速度で相対的に移動させながら原繊維を所定の温度で加熱することができる。ゾーンヒーター93には、図13に示すように、長さ方向に対して垂直な断面がコ字状の加熱体を用いた。ゾーンヒーター93のスリット部93aの幅d及び長さともに約5mmであり、スリット部93a内を繊維が移動する。ゾーンヒーター93の内部には、ニクロム線が設けられており、ニクロム線を通電することにより繊維を加熱することができる。かかるゾーン延伸装置を用いて、延伸温度を $140^\circ\text{C}$ 、印加張力( $\sigma$ )を7.8MPa、原繊維に対する加熱体の移動速度(処理速度)を $100 \text{ mm/min}$ としてゾーン延伸を行なった。かかるゾーン延伸により得られた繊維(以下、ZD(Zone Drawing)繊維という)の直径は $131.1 \mu\text{m}$ であり、複屈折は $34.0 \times 10^{-3}$ である。

【0074】つぎに、図5に示した装置を用い、レーザパワー密度PDを $39.57 \text{ W/cm}^2$ に固定し、印加張力 $\sigma$ を種々変化させてZD繊維をレーザ加熱延伸して極細繊維(以下、SD(Small Diameter)繊維という)を得た。下記表2に、原繊維、ZD繊維及びSD繊維のそれぞれの直径、複屈折及び延伸倍率を示す。

【0075】

【表2】

繊維	レーザ パワー密度 ( $\text{W/cm}^2$ )	印加張力 (MPa)	直径	複屈折 ( $\times 1000$ )	延伸倍率
原繊維			408.6	0.3	
ZD	140°C	7.8	131.1	34.0	9.7
SD	39.57	0.145	1.81	28.4	66877.9
		0.184	1.82	28.6	63618.0
		0.218	1.83	28.5	62837.9
		0.254	1.85	29.3	61323.8
		0.280	1.77	29.0	53290.5

【0076】表2からわかるように、ゾーン延伸の後、レーザ加熱延伸を行なうことによって得られたSD繊維は、直径 $1.8 \mu\text{m}$ 以下の極めて極細の繊維であり、実施例3においてゾーン延伸を行わずにレーザ加熱延伸のみで作製した繊維よりも細くなっている。また、SD繊維の延伸倍率は50000倍を超えていた。ZD繊維

と、ゾーン延伸せずにレーザ加熱延伸のみで作製した極細繊維の広角X線回折写真を示す。原繊維ではデバイ環が観測され、無配向であることがわかる。かかる原繊維をゾーン延伸して得られたZD繊維では鋭い回折点が観測され、微結晶が高度に配向していることが確認された。ZD繊維をレーザ加熱延伸して得られた極細繊維で

(10)

17

に、ネック部に球状の溶融部が形成されており、かかる球状部から急激に先細りになっている。このことから、ゾーン延伸により繊維がある程度結晶化されたために、前述した原理に従って繊維が極細化したものと考えられる。

【0079】〔極細繊維の直径と複屈折の変化〕つきに、上述のSD繊維について、実施例1と同様に、ネック部からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化の様子を調べた。図16に、SD繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ と、距離 $\Delta L$ の位置における直径及び複屈折を示す。

【0080】図16からわかるように、SD繊維は、ネック部からの距離 $\Delta L$ が60mm～800mmの範囲において直径が2 $\mu$ m以下に極細化されている。特に、60mm～800mmの範囲においては、直径の変化は殆ど無く極めて均一な極細繊維が得られていることがわかる。また、2 $\mu$ m以下の直径が得られた範囲においてSD繊維の複屈折は、 $2.5 \times 10^{-3}$ 以上の高い値を示していることがわかる。また、かかる範囲では、直径の変化が殆ど無いことから、均一で複屈折変化の少ない極細繊維が得られていることがわかる。また、図16中には繊維のネック部の写真を示した。かかる写真から分かるように、ネック部は溶融により球状に膨張しており、かかる球状部から急激に繊維が先細りになっている。

【0081】本実施例のように、ゾーン延伸により高度に配向させたiPP繊維にレーザ加熱延伸を適用することによって、配向性が高く、繊維径の極めて小さい極細繊維を容易に作製することができる。

【0082】

【実施例5】図17に、本発明に従う製造装置の別の具体例を示す。製造装置600は、主に、繊維送出装置61、動滑車65、繊維巻取装置67、制御装置70及びレーザ光源71を備える。繊維送出装置61は、原繊維が巻きつけられたリール63と、リール63を回転駆動させる回転駆動装置62を備えており、リール63を回転駆動装置62により所定の速度で回転駆動することにより、リール63に巻きつけられている原繊維を所定の速度で送り出すことができる。

【0083】繊維送出装置61から送り出された繊維は、支持用の固定滑車64により支持された後、固定滑

特開2003-166115

18

度で回転駆動することによりリール68に繊維を巻き付けることができる。制御装置70は、繊維送出装置61の回転駆動装置62と繊維巻取装置67の回転駆動装置69を制御して、繊維送出装置61のリール63から送り出す繊維の速度と、繊維巻取装置67のリール68で巻き取る繊維の速度を調整することができる。これによりレーザ光源71から射出したレーザ光に対する繊維の相対速度、及び、固定滑車64と動滑車65の間に張られた繊維にかかる張力を調整することができる。

【0085】動滑車65は、その回転軸がガイド部72の鉛直方向のガイド溝73にスライド可能に係合されている。動滑車65は、その重力と繊維の張力のバランスにより所定の高さhに保持される。したがって、動滑車65の高さ位置を一定に維持することにより固定滑車64と動滑車65との間に張られた繊維に一定の張力を与えることができる。また、動滑車65の重量は、繊維に与えられる張力が1MPa以下になるように適宜選択することができる。また、動滑車65には、床面からの高さを測定するためのセンサー（不図示）が設けられている。制御装置70は、センサーにより測定された動滑車65の床面からの高さ位置に基づいて繊維巻取装置67を制御し、動滑車65の床面からの高さhが常に一定になるようにリール68の回転速度を調整することができる。これにより繊維に常に一定の張力を与えることができる。動滑車65の回転軸とガイド溝との間で生じる摩擦力は可能な限り小さいほうが好ましく、例えば、動滑車65をリニア式でガイド溝上を移動させるように構成してもよい。

【0086】レーザ光源71、シャッター74、パワーメーター76及びディテクター75は、それぞれ、図5に示した製造装置500と同様のものを用いて構成することができる。

【0087】かかる製造装置600において、原繊維にレーザ光源71によりレーザ光を照射すると原繊維は延伸する。繊維が延伸すると動滑車65は重力により鉛直下向きに移動する。このとき、制御装置70は、動滑車65の鉛直下向きへの移動を動滑車65に設けられたセンサーにより感知し、動滑車65が床面からの高さ位置が一定になるように繊維巻取装置のリールの回転速度を調整する。こうして、レーザ加熱延伸した極細繊維を繊

(11)

特開 2003-166115

19

29

例えば、動滑車に対してカウンターバランス（釣合い重り）を設け、カウンターバランスの重量を調整することにより、動滑車により与えられる繊維への張力を微調整することができる。すなわち、図 19 のガイド部の断面模式図に示すように、ガイド部 72 の上部に固定滑車 91、92 をそれぞれ設け、カウンターバランス 93 を一端に接続したロープ 94 を固定滑車 91、92 に掛け渡し、動滑車 65 の回転を妨げないように、ロープ 94 の他端を動滑車 65 の回転軸部分に接続する。このようなカウンターバランス 93 を設けることにより、繊維に一定の張力を与えるために動滑車 65 の重量が制限されることがなくなり、任意の重量の動滑車を用いることが可能となる。例えば、動滑車の重量とカウンターバランスの重量の差が僅かになるように、カウンターバランスの重量を選択することにより、繊維に 1 MPa 以下の極めて微小な張力を与えることが可能となる。また、かかるカウンターバランスの代わりに、例えば、バネなどを用いて動滑車を上方に付勢して動滑車の下向きの方を低減することによっても、繊維に微小な張力を与えることが可能である。

【0090】また、実施例 5 で示した製造装置は、1 本の極細繊維を製造する装置の具体例だが、かかる装置を、以下に説明するように変更することにより、複数の極細繊維を同時に製造させることができる。すなわち、繊維を支持するための固定滑車を、複数の繊維を一定間隔で支持できるように、例えば、複数の繊維巻渡領域に区画された幅の広い固定滑車を用いて構成する。また、繊維送出装置は、同軸の複数のリールを設けて各リールから繊維を送り出すように構成する。或いは、繊維送り出し部分が軸方向に区画された幅の広いリールを用いて複数の繊維を一定間隔ごとに個別に送り出すようにしてもよい。かかる繊維送出装置から送り出された複数の原繊維は、上述の幅広の固定滑車で支持される。動滑車もまた複数の繊維が一定間隔で並んで保持されるように、例えば軸方向に幅広の動滑車を用いて構成し得る。繊維巻取装置もまた、同軸の複数のリールを用いて各リールで動速度で繊維を巻き取るように構成し得る。或いは、繊維巻取り部分が軸方向に区画された幅広のリールを用いて一定間隔で複数の繊維を個別に巻き取るように構成してもよい。それぞれの原繊維にレーザ光を照射するた

置は生産性に優れる。

【0091】

【発明の効果】本発明の製造方法によれば、配向性及び結晶性に優れた極細繊維を極めて簡単に製造することができるので、強度の高い極細繊維を安価に提供することができる。

【0092】本発明のナイロン 6 繊維、ポリプロピレン繊維及び PET 繊維は、極めて極細であるにもかかわらず高い複屈折を有するので従来の極細繊維よりも高強度であり、取扱い性及び加工性に優れる。

【0093】本発明の製造装置は、本発明の製造方法を実現することができるので、配向性及び結晶性に優れた極細繊維を極めて簡単に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】レーザ加熱延伸の際に PET 原繊維に与える印加張力に対する繊維の直径のグラフである。

【図 2】レーザ加熱延伸の際に PET 原繊維に与える印加張力に対する繊維の複屈折のグラフである。

【図 3】図 3 (A) は、PET 原繊維と、本発明のレーザ加熱延伸により得られた極細繊維の 350 倍の SEM 写真であり、図 3 (B) は極細繊維の 10000 倍の SEM 写真である。

【図 4】レーザ光に対する繊維の移動速度を種々変更したときのレーザパワー密度に対する繊維の直径の変化を示すグラフである。

【図 5】本発明に従う製造装置の概略構成図である。

【図 6】図 6 (A) は、ナイロン 6 繊維のレーザパワー密度に対する繊維の直径の変化を示すグラフであり、図 6 (B) は、レーザパワー密度に対する繊維の複屈折の変化を示すグラフである。

【図 7】実施例 2 において作製されたナイロン 6 極細繊維の SEM 写真を示す。

【図 8】変形例 1 においてレーザ光を 2 回照射することによって作製されたナイロン 6 極細繊維の SEM 写真を示す。

【図 9】実施例 4 において用いたゾーン加熱延伸装置の概略構成図である。

【図 10】ポリプロピレン原繊維と、その原繊維をレーザ加熱延伸して得られた SD 繊維の SEM 写真である。

【図 11】ポリプロピレン原繊維と、その原繊維をゾー

(12)

特開2003-166115

21

22

【図14】実施例1で製造した極細繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化を示すグラフである。

【図15】変形例4で製造した極細繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化を示すグラフである。

【図16】実施例4で製造した1-ポリプロピレン極細繊維のネック部からの距離 $\Delta L$ に対する直径及び複屈折の変化を示すグラフである。

【図17】実施例5で用いた本発明に従う製造装置の概略構成図である。

【図18】レーザ加熱延伸により作製された極細繊維において原繊維部分から細くなり始めた部分からの距離 $\Delta L$ を説明するための図である。

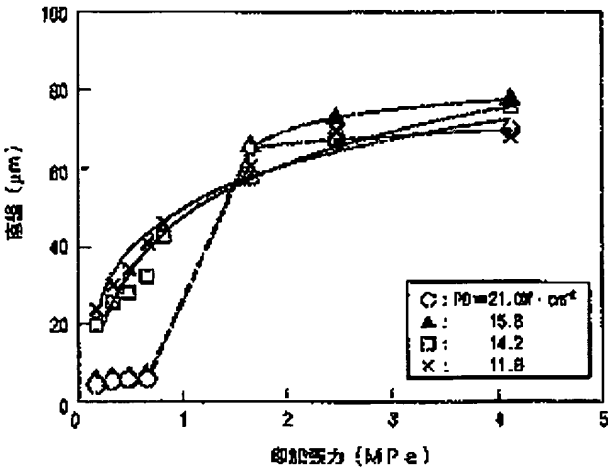
【図19】図17に示した製造装置の動滑車に対する力\*

\* ウンターバランスを設けた場合の構成例である。

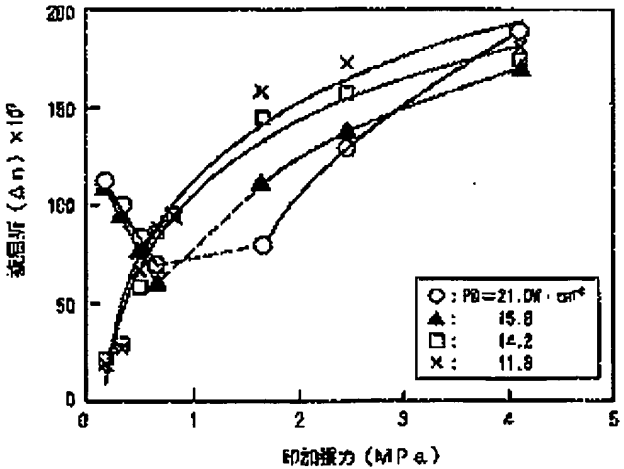
【符号の説明】

- 51 炭酸ガスレーザー発振器
- 52 ディテクター
- 53 パワーメーター
- 54 シャッター
- 55 繊維移動装置
- 56 滑車
- 57 クロスヘッド
- 58 ガイドレール
- 59 支持棒
- 60 鏡
- 90 ゾーン延伸装置
- 93 ゾーンヒーター
- 500、600 製造装置

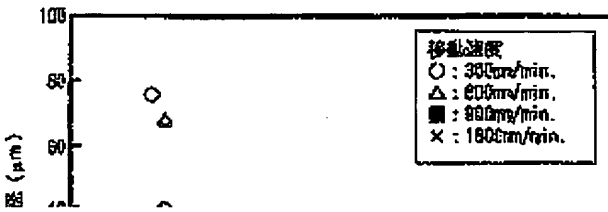
【図1】



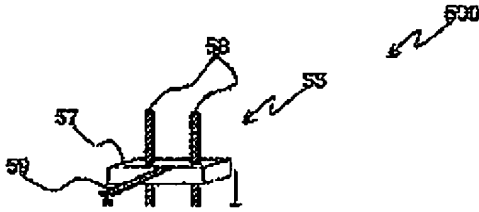
【図2】



【図4】



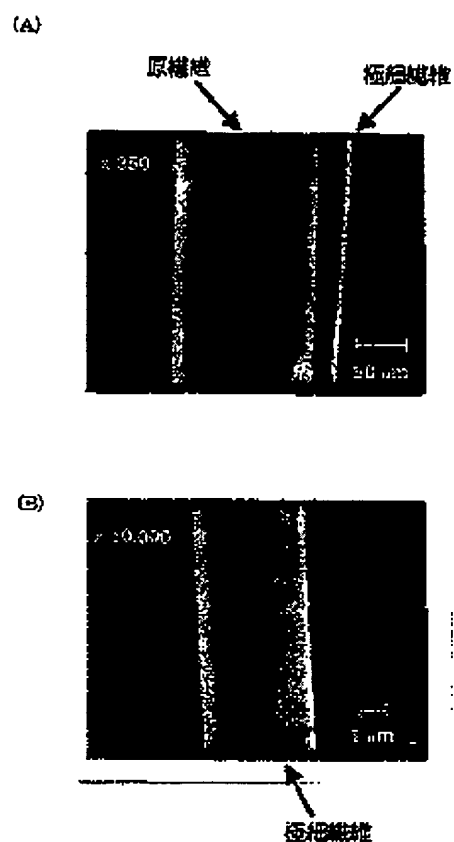
【図5】



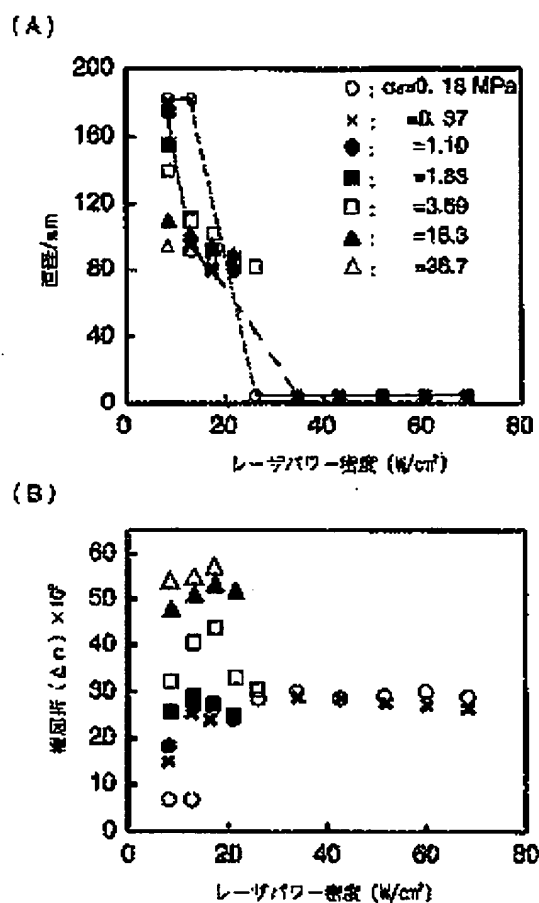
(13)

特開2003-166115

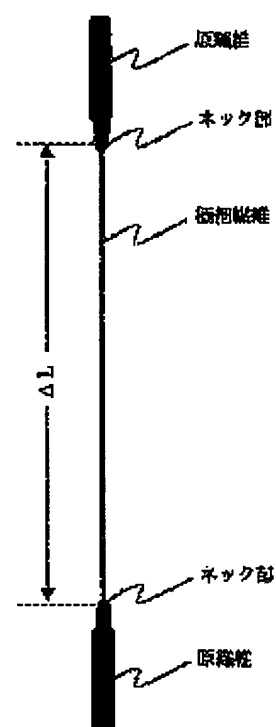
【図3】



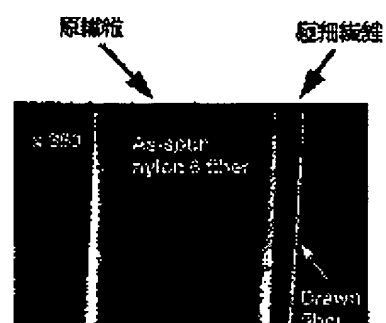
【図6】



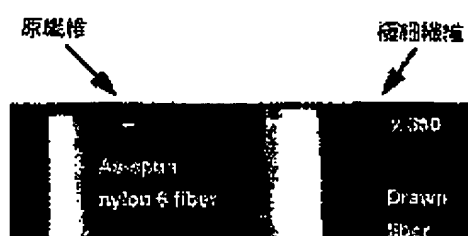
【図18】



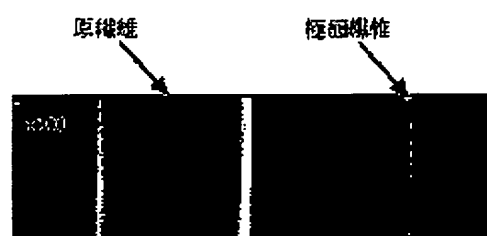
【図7】



【図8】



【図10】

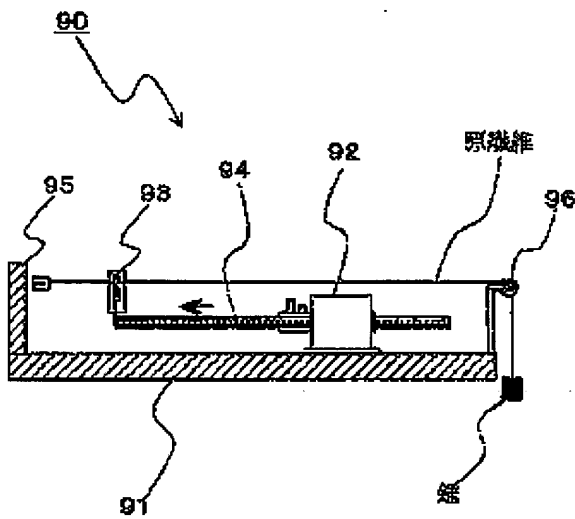




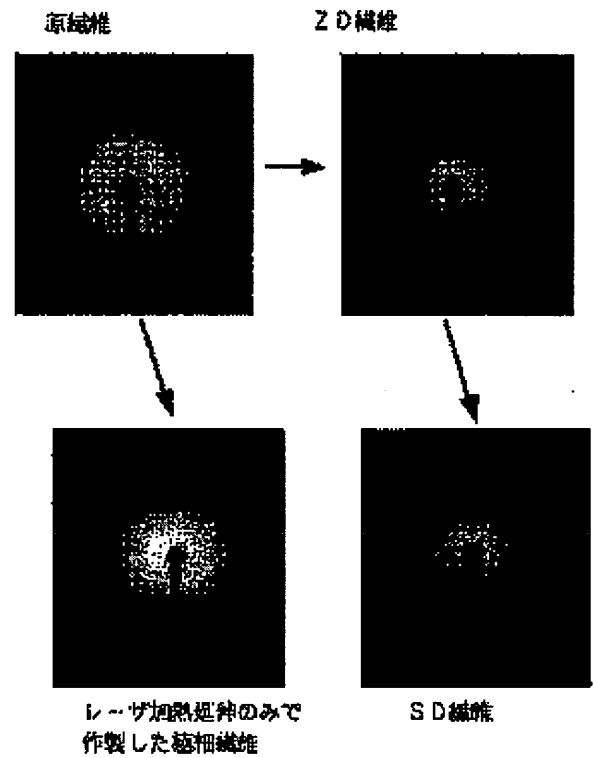
(14)

特開2003-166115

【図9】



【図11】



【図12】

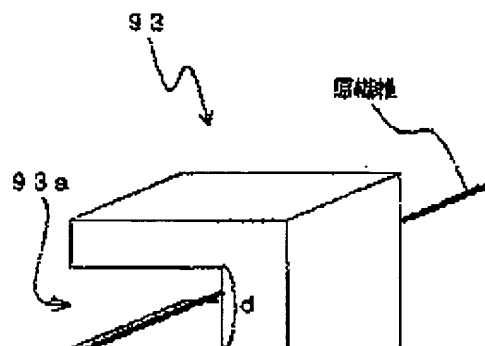
(A)



(B)



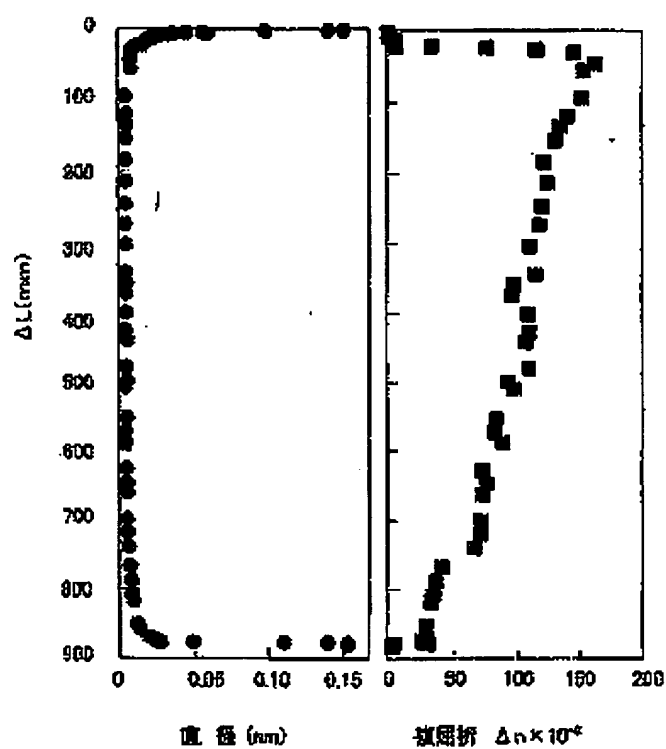
【図13】



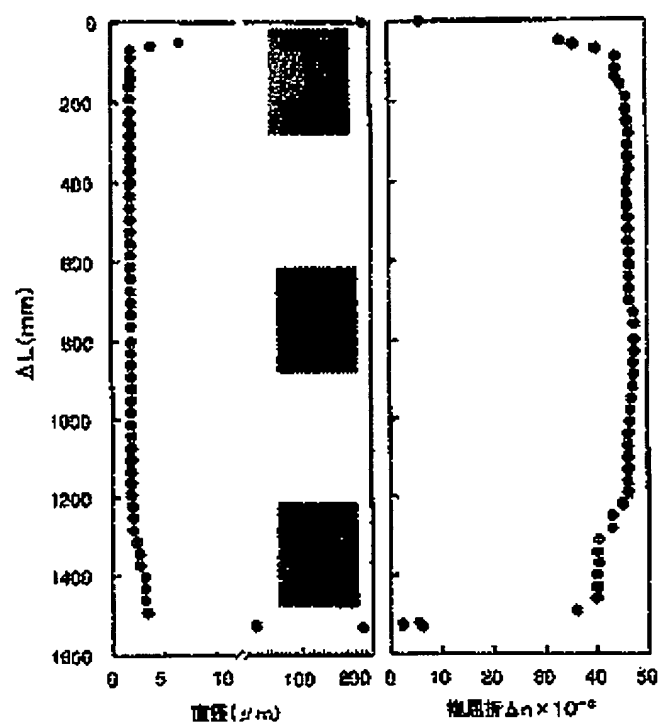
(15)

特開2003-166115

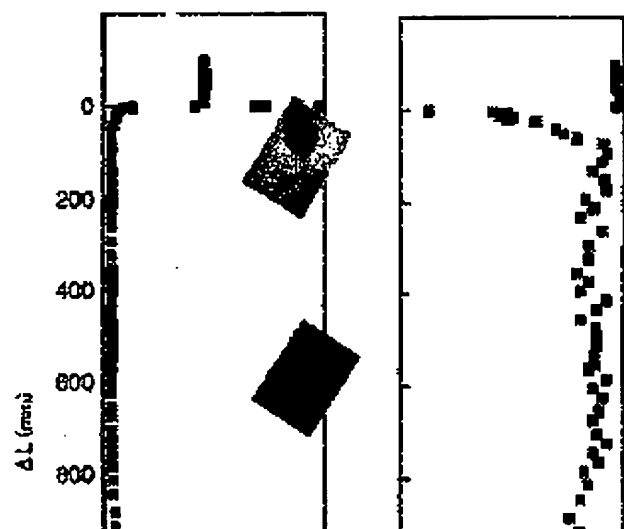
【図14】



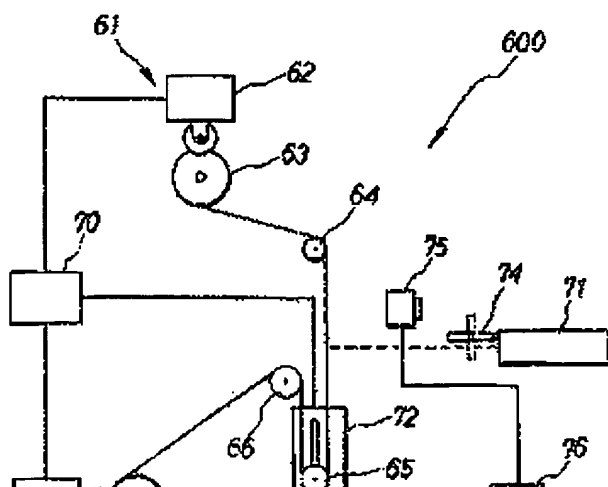
【図15】



【図16】



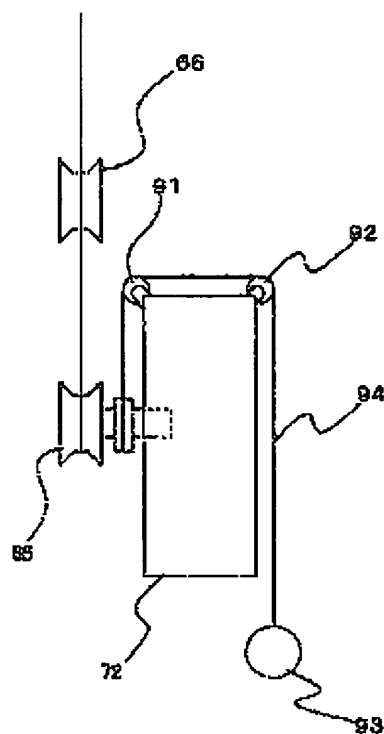
【図17】



(15)

特開2003-166115

【図19】




---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

D01F 6/62

識別記号

303

FI

D01F 6/62

シーコード (参考)

303J